

Handbuch
der
chemischen Technologie

In Verbindung
mit mehreren Gelehrten und Technikern bearbeitet
und herausgegeben
von
Dr. P. A. Bolley und Dr. K. Birnbaum

Nach dem Tode der Herausgeber fortgesetzt
von
Dr. C. Engler
Geheimerat und Professor der Chemie an der technischen Hochschule zu Karlsruhe

---

Acht Bände, die meisten in mehrere Gruppen zerfallend

I. Band, 2. Gruppe, II. Abteilung, I. Teil, 3. Lieferung

Die Chemie und Technologie der natürlichen und künstlichen Asphalte

Ein Handbuch der gesamten Asphalt-Industrie für Fabrikanten, Chemiker, Techniker, Architekten und Ingenieure

von

Dr. Hippolyt Köhler
dirigierendem Chemiker der Cyanidwerke der Roessler and Hasslacher Chemical Company Perth Amboy, N. J., U. S. A.
früherem technischen Direktor der Asphaltfabriken der Firma C. F. Weber, Leipzig-Plagwitz

---

Mit 191 in den Text eingedruckten Abbildungen

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn
1904

Die

Chemie und Technologie der natürlichen und künstlichen Asphalte

Ein Handbuch der gesamten Asphalt-Industrie

für

Fabrikanten, Chemiker, Techniker, Architekten und Ingenieure

von

Dr. Hippolyt Köhler

dirigierendem Chemiker der Cyanidwerke der Roessler and Hasslacher Chemical Company Perth Amboy, N. J., U. S. A.

früherem technischen Direktor der Asphaltfabriken der Firma C. F. Weber, Leipzig-Plagwitz

Mit 191 in den Text eingedruckten Abbildungen

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904

Vorwort.

Die Industrie der natürlichen und künstlichen Asphalte ist längst ein Zweig der chemischen Großindustrie geworden. Ihre Ausübung hat lange Zeit, und zwar sowohl hinsichtlich der Herstellung der Asphaltmaterialien als auch deren Anwendung in den Gewerben, in den Händen der Bautechniker gelegen. Mit der Entwickelung der chemischen Industrie und der damit zusammenhängenden Schaffung neuer, als Surrogate für den natürlichen Asphalt brauchbarer Materialien in ihren Abfallprodukten (Erdöl-, Paraffin- und Mineralölindustrie, Steinkohlenteerdestillation usw.), sowie mit der fortschreitenden Erkenntnis über die Natur der Asphalte, hat die chemische Industrie das Gebiet der Fabrikation der Asphaltmaterialien für sich selbst in Anspruch genommen.

Dem gegenüber muß es auffallend erscheinen, daß die wissenschaftliche und technische Literatur über den Asphalt vom chemischen Standpunkte aus eine äußerst lückenhafte ist. Es liegt wohl in der Natur der Sache, daß die wissenschaftliche Durchforschung einer so kompliziert zusammengesetzten Körperklasse, wie der Asphalte, noch fast völlig im argen liegt, ist doch der Weg zur Entwirrung derartiger Substanzen mit Erfolg erst in den letzten Jahrzehnten angebahnt worden. Dagegen ist die Technik des Asphalts schon längst zu hoher Blüte gelangt, wie die mannigfache und umfangreiche Verwendung der Asphaltmaterialien in allen Zweigen der Industrie und der Gewerbe zur Genüge beweist.

Die seither auf diesem Gebiete erschienenen, zum Teil vortrefflichen Werke, behandeln den Gegenstand aber mehr vom Standpunkt des Bautechnikers, während die chemisch-technische Seite fast durchweg nur gestreift wird. Bei der Abfassung des vorliegenden Buches ist der Verfasser daher in erster Linie bestrebt gewesen, den Anforderungen des Chemikers und Fabrikanten zu genügen, aber auch die Geschichte der Asphalte, ihre Chemie, ihr Vorkommen und die Ansichten über den Vorgang ihrer Entstehung in der Natur gebührend zu berücksichtigen. Das Werk bildet somit gleichzeitig eine Monographie der Asphalte für Wissenschaft und Technik.

Auf keinem anderen Gebiete der chemischen Industrie berühren sich Herstellung und Verwendung der Produkte so innig, ja, gehen manchmal

geradezu ineinander auf, wie auf dem des Asphalts, obgleich beide auf sehr verschiedenen Disziplinen der Technik zu finden sind. Andererseits hält es der Verfasser mit Rücksicht auf eine erfolgreiche Arbeit für unerläßlich, daß auch der Fabrikant von Asphaltprodukten mit den Grundlagen ihrer Anwendung in Industrie und Gewerbe genau vertraut ist. Deshalb ist in dem vorliegenden Werke neben der chemisch-technischen Seite auch die verschiedenartige Weise ihres Gebrauches so weit als nötig berücksichtigt worden.

Unter Bezugnahme auf seine langjährige Tätigkeit als technischer Leiter eines der hervorragendsten Werke auf dem Gebiete der Asphaltindustrie und mit Rücksicht auf die vielseitigen Erfahrungen, die er in dieser Eigenschaft zu sammeln in der Lage war, glaubt der Verfasser den berechtigten Anforderungen, die an ein Buch, wie das vorliegende, gestellt werden können, in jeder Weise gerecht geworden zu sein. Er verhehlt sich auch keineswegs die Schwierigkeit der Aufgabe und die Mängel, die dem Buche infolgedessen noch anhaften, ist aber gleichwohl der Überzeugung, das Gesamtgebiet der Asphaltindustrie so erschöpfend behandelt zu haben, daß ein jeder an der Hand dieses Werkes in der Lage ist, die Fabrikation der einzelnen, darin geschilderten Produkte erfolgreich aufzunehmen.

Ganz besondere Beachtung ist ferner der chemisch-technischen Untersuchung und Prüfung der Asphaltmaterialien geschenkt worden, so daß auch der Konsument in den Stand gesetzt ist, sich von der Güte der von ihm zu verwendenden Produkte nach jeder Richtung hin zu überzeugen. Damit hofft der Verfasser, gleichzeitig auch den Produzenten einen Dienst erwiesen zu haben, indem dadurch vielleicht der Weg zu einheitlichen Prüfungsmethoden, der auf diesem Gebiete besonders wesentlich erscheinen muß, angebahnt worden ist und es an einer Zusammenstellung der gebräuchlichen Verfahren bis heute noch fehlt.

Zur Erläuterung des Textes sind demselben zahlreiche, zum Teil nach eigenen Skizzen des Verfassers von der Verlagsbuchhandlung mit bekannter Sorgfalt ausgeführte Abbildungen eingedruckt, deren Benutzung die Herstellung der für die Einrichtung einer Asphaltfabrik erforderlichen Apparate sehr erleichtern wird.

Wenn der Verfasser dem Buche schließlich noch einen Wunsch mit auf den Weg geben darf, so ist es der, daß es eine wohlwollende Aufnahme und nachsichtige Beurteilung finden, vor allem aber sich in den Händen des Praktikers als zuverlässig und nutzbringend erweisen möge.

Perth Amboy, N. J., U. S. A., im November 1903.

Dr. H. Köhler.

Inhaltsverzeichnis.

Erster Teil.

Geschichte, Vorkommen, Eigenschaften, Bildung und Zusammensetzung der natürlichen und künstlichen Asphalte.

Zweiter Teil.

Der natürliche Asphalt und seine Anwendung in der Industrie und den Gewerben.

Dritter Teil.

Der künstliche Asphalt und seine Anwendung in der Industrie und den Gewerben.

Vierter Teil.

Die chemische Untersuchung der natürlichen und künstlichen Asphalte und die chemisch-technische Prüfung der Asphaltmaterialien.

Erster Teil.

Einleitung. Geschichte, Vorkommen, Bildung, physikalische und chemische Eigenschaften der natürlichen und künstlichen Asphalte.

Einleitung.

Der Name „Asphalt" oder „Bitumen" führt uns zurück bis in die fernsten Zeiten menschlicher Kultur. Asphalt ist der griechische Ausdruck für Erdpech: ἡ ἄσφαλτος, womit man einen unveränderlichen Körper bezeichnet; das lateinische „Bitumen" leitet sich ab aus pix tumens und bedeutet so viel als aufwallendes, glühendes Pech.

Bituminöse Körper kommen in großer Verbreitung und in den mannigfaltigsten Zuständen in der Natur vor, und die Kenntnis derselben verliert sich im grauen Altertum. Man kennt sie in tropfbar-flüssiger, zähflüssiger und fester Form, im Zustande größter Reinheit bis herab zum bituminösen Gestein, welches nur wenige Prozente davon enthält. Wir haben sogar allen Grund, die natürlichen, brennbaren Gase, welche an manchen Orten der Erde entströmen, für gewisse Vorkommen wenigstens, als eine weitere Form dieser Körper anzusprechen.

Allen diesen bituminösen Körpern kommt als gemeinsame Eigenschaft zu, daß sie Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasserstoff in wechselnden Verhältnissen darstellen. Die gasförmigen und flüssigen Kohlenwasserstoffverbindungen derselben sind meist frei oder fast frei von Sauerstoff, Schwefel und Stickstoff, während die zähflüssigen oder festen Varietäten davon häufig größere Mengen enthalten. Der Geruch ist bei allen eigentümlich „bituminös", die Farbe wechselnd, bei den flüssigen von gelb bis braun, bei den zähflüssigen und festen von dunkelbraun bis schwarz. Von anderen in der Natur vorkommenden, in der Hauptsache aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehenden organischen Körpern, wie z. B. Steinkohle, Braunkohle u. dgl., unterscheiden sie sich scharf durch ihr Verhalten gegen Lösungsmittel, wie Schwefelkohlenstoff, Kohlenwasserstoffe der Fett- und aromatischen Reihe, Alkohol, Äther, Chloroform u. dgl., worin diese so gut wie unlöslich sind.

Diese letzteren liefern bei der trockenen Destillation neben brennbaren Gasen einen flüssigen Teer, der bei weiterer Verarbeitung teils flüssige, teils feste Destillationsprodukte ergibt, welche gleichfalls Kohlenwasserstoffverbindungen sind und mit den erwähnten Naturprodukten eine große Ähnlichkeit besitzen, sich von ihnen aber durch ihr chemisches Verhalten und besonders ihre physikalischen Eigenschaften wesentlich unterscheiden. Der feste Destillationsrückstand dieser Teere, das „Pech", ist von schwarzer Farbe, leicht schmelzbar und verhält sich gegen Lösungsmittel ähnlich wie natürlicher Asphalt, für welchen

es häufig als Ersatz verwendet wird. Man bezeichnet es vielfach als „künstlichen Asphalt".

Dieses Verhalten der fossilen Brennmaterialien hat zu der, wie wir später sehen werden, irrigen Annahme geführt, daß die natürlichen Bitumina daraus auf ähnliche Weise entstanden sind, wie wir die künstlichen herstellen können, nämlich auf dem Wege der trockenen Destillation durch die Wirkung der Erdwärme.

In wissenschaftlicher und technischer Beziehung ist der Begriff „Asphalt" durchaus verschieden und muß streng auseinandergehalten werden. Die Mineralogie versteht darunter nur das reinste Vorkommen dieses Bitums, ohne irgend welche Gangart, wofür der Asphalt vom Toten Meer, dem „Asphaltites" der Alten, typisch ist. Die mit mineralischen Beimengungen verunreinigten Varietäten dieses harten Bitums nennt sie „erdiger Asphalt" oder „Erdpech", hierzu ist beispielsweise das Vorkommen auf der Insel Trinidad zu zählen. Als „Bergteer" oder „Malthe" bezeichnet sie die zähflüssigen Produkte, welche selten im Zustande der Reinheit, meist in Drusen in bituminösem Gestein angetroffen werden und daher auch den organischen Bestandteil des letzteren bilden. „Erdöl", „Steinöl" und „Naphta" endlich sind für sie die flüssigen Produkte mit mehr oder weniger hohem Siedepunkt, welche an manchen Orten aus der Erde sickern, an anderen beim Anbohren des Gesteins mit großem Geräusch als Fontäne sich haushoch in die Luft erheben.

Die Technik kennt diese Unterschiede nicht und versteht unter der Bezeichnung Asphalt die verschiedenartigsten Natur- und Kunstprodukte. Es gibt hier kaum einen Unterschied in der Bezeichnung, und unter Asphalt versteht man sowohl das reinste, nur zur Herstellung feinster Lacke dienende Bitumen des Toten Meeres, den sogen. syrischen Asphalt, wie auch dessen Surrogate, die verschiedenen Teerpeche oder die zur Herstellung geräuschloser Pflasterungen dienenden bituminösen Kalksteine; ja selbst das daraus hergestellte Pflaster wird häufig kurzerhand „Asphalt" genannt [unseres Wissens zuerst von Léon Malo[1]], und ein findiger Dachpappenfabrikant hat es sogar fertig gebracht, die aus Wollfaser und Steinkohlenteer hergestellte Dachpappe als „Asphalt in Rollen" in den Handel zu bringen.

Delano[2]) unterscheidet streng zwischen Asphalt und Bitumen; nach ihm ist der Ausdruck Asphalt nur für einen bituminösen Kalkstein zu gebrauchen, in welchem kohlensaurer Kalk und das reine, mineralische Bitumen ausschließlich durch die Wirkung der Naturkräfte innig miteinander verbunden sind. Bitumen dagegen ist der prinzipielle Bestandteil des Asphalts, welcher diesem durch Lösungsmittel entzogen werden kann, sich auch in reinerer Form als sogen. „Mineralpech" im Pechsee von Trinidad und an vielen anderen Orten findet und dessen typischer Vertreter der Extrakt des Asphalts von Seyssel ist. Die Bezeichnung „Asphalt" in anderem, als in obigem Sinne anzuwenden, betrachtet er geradezu als Mißbrauch, der aufs strengste verurteilt werden sollte, besonders, wenn es sich dabei noch um künstliche Produkte aus Teer-, Erdöl- und Schiefer-

[1]) Léon Malo, L'Asphalte, son origine, sa préparation, ses applications. II. Ed. Paris 1888. — [2]) Twenty Years Practical Experience of Natural Asphalt and Mineral Bitumen. London u. New York 1893, S. 1 u. f.

ölrückständen handelt. Aber offenbar geht Delano hier viel zu weit, denn nichts berechtigt ihn, den schon in grauer Vorzeit gebräuchlichen Ausdruck Asphalt in seinem Sinne zu usurpieren.

Aus diesen Verhältnissen ist natürlich eine heillose Begriffsverwirrung entstanden, welche dem natürlichen Asphalt und dem Asphaltstein vielfach empfindlich geschadet hat. Selbst die Wissenschaft hat sich häufig dadurch irre führen lassen und vermutete in den von der Technik ausgebeuteten Lagerstätten bituminöser Gesteine ungeheure Fundgruben des ihr längst bekannten natürlichen Asphalts vom Toten Meer, die eingehend beschrieben wurden, obgleich sie kaum Spuren des Minerals in reinem Zustande aufzuweisen hatten[1]). Heute können diese Verhältnisse als durchaus geklärt gelten, allein der Mißbrauch des Wortes „Asphalt" ist bestehen geblieben und dürfte auch kaum mehr auszurotten sein.

Um der Verwirrung in der Bedeutung des Begriffs „Asphalt" ein Ziel zu setzen, ist mehrfach der Versuch gemacht worden, die Asphalte zu klassifizieren. So hat R. Kayser[2]) auf Grund seiner Untersuchungen folgende Einteilung vorgeschlagen:

1. Klasse: Asphalte, nur aus geschwefelten Kohlenwasserstoffen bestehend, wie die Asphalte von Trinidad, dem Toten Meere usw.

2. Klasse: Asphaltoide, d. h. solche Asphalte, welche eine Lösung von geschwefelten Kohlenwasserstoffen in flüssigen oder festen Kohlenwasserstoffen darstellen, wie z. B. der Asphalt von Pechelbronn.

3. Klasse: Bituminöses Gestein, mit Asphalt getränkter Kalkstein, Sandstein, Dolomit usw., welche sich ihrerseits weiter durch das Grundgestein zu unterscheiden haben.

Unter Ausschluß der künstlichen Asphalte möchte Meinecke[3]) die natürlichen Asphalte nach praktischen Gesichtspunkten in folgende zwei Hauptgruppen einteilen:

I. Eigentliche Asphalte und Asphaltgesteine, d. h. solche Arten, deren Bitumen vorwiegend als ein geologisches Endprodukt angesehen werden kann.

a) Reine Asphalte mit einem Bitumengehalt von 90 bis 100 Proz.;

b) Rohasphalte, deren Bitumengehalt etwa 40 bis 60 Proz. beträgt, während der Rest aus mineralischen Verunreinigungen und Wasser besteht;

c) Asphaltgesteine mit einem Bitumengehalt von 5 bis 20 Proz.

II. Asphaltähnliche Produkte, d. h. solche, deren Bitumen noch als ein in der Umwandlung begriffener Bergteer anzusehen ist, „aus welchem sich infolge geologischer Einflüsse in Jahrtausenden einmal Asphalt bilden kann".

Aber abgesehen davon, daß es in jedem Falle schwierig sein dürfte, ein „geologisches Endprodukt" von einem in Jahrtausenden in ein solches übergehenden Zwischenprodukt zu unterscheiden, befindet sich Meinecke mit seiner eigenen Klassifikation im Widerspruch, da es bekannt ist, daß das Bitumen der Asphaltgesteine, die er zu den Endprodukten rechnet, aus Bergteer besteht, von dem er annimmt, daß er noch in der Umwandlung begriffen sei.

[1]) Vergl. Meyn, Der Asphalt, Halle 1872, S. 7. — [2]) Untersuchungen über natürliche Asphalte, Nürnberg 1879, S. 33. — [3]) Chem.-techn. Untersuchungen über Trinidadgoudron, Biebrich 1895, Verl. von Mattar u. Gaßmus, S. 7.

Ein Vorschlag von Holde[1]) geht dahin, die Asphalte und asphaltartigen Kunstprodukte in Übereinstimmung mit ihrer Härte in vier Gruppen: **Teer**, Pech, Asphalt und **Koks**, einzuteilen. Wie J. **Kovács**[2]) mit Recht ausführt, kann aber auch diese Klassifikation nicht befriedigen, weil dabei der Ursprung des Materials außer acht geblieben ist. Statt dessen empfiehlt er, diese Produkte zu trennen in:

I. Produkte der trockenen Destillation von Teeren und Erdöl:
   a) Teer,
   b) Pech,
   c) Koks.

II. Asphalt, worunter ausschließlich jene Naturprodukte verstanden sein sollen, welche entweder in reinem Zustande oder gemischt mit Kalk, Sand und dergl. vorkommen und die in reinem Zustande schwarz und glänzend und bei gewöhnlicher Temperatur teigartig und klebrig, oder auch fest und brüchig sind, einen Schmelzpunkt von nicht unter 35° C besitzen und dabei leicht und vollkommen löslich sind in Schwefelkohlenstoff, Terpentinöl und Chloroform, aber von verschiedener Löslichkeit in Petroleumäther und Benzol, und in Alkohol meist gänzlich unlöslich sind.

Aber auch diese Einteilung ist keineswegs einwandfrei; es ist kein Grund vorhanden, die asphaltartigen Produkte der Destillation und Verarbeitung des Erdöls, dessen innige Verwandtschaft mit dem natürlichen Asphalt wohl allgemein anerkannt ist, mit den Produkten der künstlichen, pyrogenen Zersetzung der fossilen Brennstoffe, den Teeren, zusammenzuwerfen, welche zwar wohl verwandt in ihrer chemischen Zusammensetzung, aber durchaus verschieden von den Asphalten in ihren physikalischen Eigenschaften sind. Wie wir später sehen werden, geht sogar aus den Arbeiten verschiedener Forscher hervor, daß diese asphaltartigen Produkte aus Erdöl die größte Ähnlichkeit mit natürlichem Asphalt besitzen, wenn nicht gar damit identisch sind.

Solange also unsere Kenntnisse über die Natur des Asphalts so lückenhaft sind, wie im gegenwärtigen Augenblick, haben alle derartigen Versuche nur einen sehr geringen Wert. Für die Zwecke des vorliegenden Werkes empfiehlt sich am meisten die Einteilung des Stoffes in natürliche und künstliche Asphalte, wobei die Beschaffenheit der Materialien nicht berücksichtigt zu werden braucht. Wie die Verhältnisse einmal liegen, wäre es ein fruchtloses Beginnen, den Namen „Asphalt“ in technischer Beziehung ausschließlich auf dasjenige Produkt anzuwenden, dem er einzig und allein zukommt, dazu hat sich die gemeinsame Bezeichnung dieser Natur- und Kunstprodukte als „Asphalt“ in ihrer vielseitigen Verwendung in der Technik zu sehr eingebürgert, und es hieße die Verwirrung nur vermehren, wollte man heute für die gangbaren Bezeichnungen wieder andere einführen. Es soll deshalb hier auch nicht einmal ein Versuch zu einer neuen Klassifikation unternommen werden.

---

[1]) Chem. Rev. Fett- u. Harz-Ind. 1902, S. 156; Journ. Soc. Chem. Ind. 1902, p. 1077. — [2]) Ibid.

Erstes Kapitel.

Geschichtliches über Vorkommen, Herkunft und Verwendung des Asphalts.

Die älteste [1]) historische Notiz über das Vorkommen und die Verwendung einer Asphaltart findet sich in der Genesis, Kap. 11, V. 3, wo es im lateinischen Text der Vulgata bei der Erzählung des babylonischen Turmbaues heißt: „Dixitque alter ad proximum suum: Venite, faciamus lateres et coquamus eos igni. Habueruntque lateres pro saxis et bitumen (von Dr. Martin Luther fälschlich mit „Ton" übersetzt) pro caemento." Daß diese Erzählung nicht auf einer bloßen Fabel beruht, beweisen die Ausgrabungen im Tale des Euphrat, welche zeigen, daß in den Niederlassungen Mesopotamiens in der Tat Asphalt als Mörtel benutzt wurde. Auch Herodot, Strabo, Plinius u. a. erwähnen seine Anwendung zu diesem Zweck. Dabei ist es interessant, aus diesen Mitteilungen zu erfahren, daß die Verwendung des Asphalts schon damals genau in derselben Weise, wie heute noch, geschah und daß den Alten auch unsere Hilfsmittel, z. B. zur Verminderung der Kurzbrüchigkeit des Asphalts, nicht unbekannt waren. So heißt es z. B. bei Miesbach [2]):

„. . . . Sie (die Stadt Babylon) war mit einer kolossalen, zwölf geographische Meilen langen Mauer und mit einem tiefen Graben umgeben, der aus dem Euphrat mit Wasser gespeist wurde. Sie bildete ein Viereck. Die Mauersteine wurden teils aus dem durch die Austiefung des Grabens gewonnenen Erdmateriale, teils aus den benachbarten Terrainflächen gewonnen und teils an der Luft und der Sonne getrocknet, um so (als Luftsteine) verwendet zu werden, teils gebrannt. Sie wurden bei Aufführung der Mauer an Stelle des Mörtels mit heißem Asphalt verbunden, eine Substanz, welche man aus den reichen Naphtaquellen nahe am Ißflusse, acht Tagereisen

---

[1]) Nach Kayser, Untersuchungen über natürliche Asphalte, Nürnberg 1870, S. 2. — [2]) La fabrication des briques et des tuiles depuis son origine. Vienne 1855. Zitiert nach Büscher und Hoffmann: „Die Asphaltplatten", 1895, S. 10.

von Babylon, gewann, und nach mehreren Schichten Ziegeln legte man zwischen diese und den Asphalt Binsen und Palmblätter, um einen stärkeren Zusammenhalt zu erzielen. — — —

„Die Königin Semiramis hatte vor 4000 Jahren ein Werk zur Ausführung gebracht, das die Engländer neuerdings nachgeahmt haben; sie baute nämlich einen Tunnel (unter dem Euphrat) von 500 Toisen Länge aus gebrannten Ziegeln, die von beiden Seiten mit Asphalt überzogen waren. — — —

„Um den Turm (zu Babel, jetzt Birs Nimrod genannt) gegen aufsteigende Feuchtigkeit und gegen das Hochwasser des Euphrat zu schützen, versah man ihn vom Grund bis auf eine Höhe von 10 Toisen mit Verkleidungen (scories, Verschlackungen), die aus Ziegelblöcken bestanden, welche mittels Asphalt aneinander geschmolzen waren.“. — — —

In Ägypten verwendete man den Asphalt zur Ausmauerung der Gräber der Pharaonen (Pyramiden), sowie zum Einbalsamieren der Leichen hervorragender Persönlichkeiten. Derartig präparierte Leichen wurden Mumien genannt; das Wort stammt aus dem Arabischen und ist vermutlich aus dem persischen Wort „Mumiya“ abgeleitet, womit man eine Art Asphalt bezeichnete. Die älteste erhaltene Mumie besitzt das Museum zu Bulaq; es ist diejenige des Königs Merenre aus der sechsten Dynastie, mindestens 2500 v. Chr.

Das älteste bekannte Vorkommen des Asphalts ist somit zweifellos das am Toten Meere; hier sammelten es die Juden und verkauften es an die Tyrer und Ägypter zu den genannten Zwecken, und daher stammt auch der bis heute noch gebräuchliche Name „Judenpech“. Auch bei Aristoteles[1]) findet sich schon der Name „Asphalt“. Zu Strabos Zeiten sah man den See zuweilen ganz mit Erdpech erfüllt; nach Diodor[2]) schwammen Massen, kleinen Inseln vergleichbar, auf dem Wasser, was bei dem hohen Salzgehalt des Wassers leicht erklärlich ist. „Nihil in Asphaltite Iudaeae lacu, qui bitumen gignit, mergi potest“ [3]). Plinius[4]) kennt auch bereits die Malthe, von der er schreibt: „in Commagene urbe Samosata stagnum est, emittens limum (maltham vocant) flagrantem“. Er erzählt ferner im 35. Buch, wie mannigfach die Anwendung des Asphalts im Altertum war. Wir erfahren, daß ihn arme Römer zum Anstreichen ihrer Hausgötter benutzten, um diese vor Verwitterung zu schützen, daß das (flüssige) bitumen liquidum nach Herodot von Babylon und Zakynthos, der südlichsten der Jonischen Inseln, ausgeführt und statt des Öls in Lampen gebrannt worden ist, daß es als Universalheilmittel in hohem Rufe stand und gegen Ausschlag, Flechten, Poda-

[1]) Kobell, Geschichte der Mineralogie, S. 690. — [2]) Bibl. hist. 19, 99, zitiert nach Quenstedt, Mineralogie, Tübingen 1863, S. 750. — [3]) Plinius, Hist. nat. 2, 106. — [4]) Ebend. 2, 108 nach Quenstedt, Mineralogie, S. 751.

gra, Epilepsie, Blindheit, Zahnschmerzen und Bauchgrimmen sicher helfen sollte. Selbst auf dem Toilettentisch der Römerin fehlte es nicht und diente zum Färben und Verschönern der Brauen, zum Betupfen der weißen Flecke im Augapfel (albugines), ja selbst im Riechfläschchen der schwachnervigen Damen mußte das Babylonium unsere heutige Eau de Cologne vertreten [1]).

Bei den Persern wurden Erdöl und Asphalt zu Wasserfeuerwerken verwendet, und man behauptet, daß der Asphalt sogar einen der Hauptbestandteile des „Griechischen Feuers" ausgemacht habe, dessen Zusammensetzung Staatsgeheimnis war und das die Eigenschaft besessen haben soll, auch unter Wasser fortzubrennen. Weniger bedeutend war hier seine Anwendung als Heilmittel; er wurde lediglich zum Schwarzfärben gewisser Salben, sowie zur Herstellung des Asphaltöls gebraucht.

Von späteren Schriftstellern erwähnt Wallerius [2]) den Asphalt unter der Bezeichnung bitumen solidum coagulatum. Libavius [3]) (Singularium Andreae Libavii, cont VIII libros bituminum et affinum historice, physice, chymice; de Petroleis, Ambra, Halosanthò, Succino, Gagate, Asphalto, Pissasphalto, Mumia, Lithanthrace ..... Francofurti 1601, P. Kopff) betrachtet ihn als mit Erdöl, Bernstein, Walrat, Mumia und dergleichen wesentlich zusammengehörig. Die Lagerstätten in Braunschweig und im Elsaß waren ihm schon bekannt. Vom Erdöl unterscheidet er als leichter flüchtigen Bestandteil bereits die Naphta: „Naphta est gygrasphaltus essentialis igneae naturae" (S. 150). Im übrigen beschränkt er sich auf die Besprechung der Angaben des Plinius, Dioskorides, Hippokrates u. a. über die Verwendung der Bitumina und führt auch an, daß das Erdöl bereits vor 1500 Jahren (also im Jahre 100) zur Beleuchtung angewendet sei („igne Vestae"), sowie bei der Verbrennung des Herkules gedient habe (S. 180) und von Hannibal u. a. zu Kriegszwecken (Griechisches Feuer!) benutzt worden sei. Interessant ist auch eine Angabe von Kopp [4]), nach welcher die Alchemisten, besonders die „hermetische Gesellschaft" im „Asphalt", womit die Alten die Weinstöcke zum Schutz vor Ungeziefer zu bestreichen pflegten, die Lösung des Rätsels der Materia prima (Stein der Weisen) suchten.

Noch im 16. und bis ins 18. Jahrhundert wurden gewisse Sorten Asphalt unter dem Namen „Mumia" als vortreffliches Mittel gegen Wunden und Knochenbrüche empfohlen und vielfach angewendet, und es ist in dieser Hinsicht bemerkenswert, daß noch in neuester Zeit M. Vogel [5]) ein Patent auf Herstellung eines plastischen Verbandes aus Asphalt statt des üblichen Gipsverbandes sich hat erteilen lassen.

Die Verwendung des Asphalts für Bauzwecke scheint auf die Babylonier beschränkt geblieben und mit dem Verfall dieses Kulturvolkes verloren gegangen zu sein. Seine Benutzung als Heilmittel mußte naturgemäß mit dem Fortschreiten der medizinischen Wissenschaft verschwinden, und nur sein Gebrauch

---

[1]) Quenstedt, Klar und Wahr, Tübingen 1872, S. 120. — [2]) Kobell, Geschichte der Mineralogie, S. 690. — [3]) Wagner-Fischers Jahresber. 1886, S. 1075. — [4]) Geschichte der Chemie 2, 227. — [5]) D. R.-P. Nr. 17514.

für tinktoriale Zwecke, welcher, wie wir gesehen haben, gleichfalls ins graue Altertum zurückreicht, hat sich bis in unsere Zeit erhalten. Erst zu Anfang des vorigen Jahrhunderts wurde die jahrtausendelang verloren gewesene Erfahrung der Alten aufs neue entdeckt und der Asphalt seinem vornehmsten Zweck als vorzügliches Baumaterial wieder zugeführt.

Es war Eirinis[1]), ein griechischer Arzt, welcher bei der Berner Regierung in irgend einer Funktion als Sachverständiger angestellt war und um das Jahr 1712 in dieser Eigenschaft das Val de Travers, das wichtigste Quertal des Juragebirges zum Neufchateler See, bereiste. Er mochte wohl infolge seiner Studien Kenntnis gehabt haben von der Verwendung des Asphalts bei den alten Kulturvölkern, vielleicht auch sind ihm seine naturwissenschaftlichen Kenntnisse bei der Wiedererfindung zu Hilfe gekommen. Gewiß ist, daß er hier einen Deutschen, namens Jost, kennen lernte, welcher gefunden hatte, daß das Gestein der Felswände jenes Tales zum Teil brennbar war und sich infolge seiner weichen, aber zähen Beschaffenheit leicht bearbeiten ließ. Da die Verwendung des Gesteins als Brennmaterial sich als unausführbar erwies, suchte er vergebens nach einem geeigneten Zweck, dem das Material dienen konnte.

Eirinis war glücklicher als er; er entdeckte nicht nur die Hauptlagerstätte des Gesteins in der Umgebung von Bois de Croix, sondern er fand auch, daß dasselbe sich für gewisse Zwecke als Baumaterial vortrefflich eignete. Sein Gesuch an den König von Preußen, den damaligen Schutzherrn von Neufchatel, um eine Konzession für alle von ihm in genanntem Fürstentum aufzufindenden Asphaltlagerstätten wurde günstig beschieden, und diese Konzession müssen wir als den Geburtsschein der modernen Asphaltindustrie betrachten.

Es ist im höchsten Grade beachtenswert, daß Eirinis die Fabrikation und die Art der Verwendung des Asphaltmastix schon in genau derselben Weise durchgeführt hat, wie dies im großen und ganzen noch heute geschieht. In seiner 1721 erschienenen, 1784 neu aufgelegten Schrift: „Dissertation sur l'asphalte ou ancien ciment naturel, découvert depuis quelques années au Val de Travers dans le comté de Neufchatel par le Sieur E. d'Eyrinis, professeur grec et docteur en médecine, avec la manière de l'employer tant sur la pierre, que sur le bois" spricht er sich folgendermaßen aus[2]): .... „Da er unter dem Beistand Gottes in dem Fürstentum Neufchatel ein Gebirge entdeckt hat, welches einen wahren Asphalt führt, der in jeder Hinsicht ebensogut ist, als der Asphalt von Babylon oder aus dem Tale Siddim, welcher bei den Gelehrten so sehr berühmt ist, auch hiervon schon eine bedeutende Menge hat fördern lassen, so fand er es für ratsam, das Publikum durch diese wenigen Zeilen davon vorläufig in Kenntnis zu setzen, bis er sein Werk unter dem Titel: Asphaltasphaliae sive invertibilis veritas ac securitas[3]) herausgeben wird."

[1]) Vergl. Meyn, Der Asphalt, S. 20. — [2]) Ebend. S. 22. — [3]) Die Schrift scheint nicht in den Buchhandel gelangt zu sein.

„Da dieser Asphalt aus einer mineralischen, lettigen und warmen Materie besteht, die zäher und klebriger ist als Pech, wenige Poren hat und sehr fest ist, wie dieses aus ihrem spezifischen Gewicht hervorgeht, so widersteht er allen Einwirkungen der Luft, der Kälte und des Wassers so sehr, daß er nicht davon durchdrungen werden kann, so daß derselbe mehr als jede andere Substanz dazu geeignet ist, alle Arten von Bauwerk zusammenzufügen oder zu überstreichen, denn er schützt das Holz gegen Fäulnis, gegen Würmer und überhaupt gegen die alles zerstörende Einwirkung der Zeit, und zwar in einem solchen Grade, daß, obgleich beständig dem Wasser, der Luft, dem Eise und jeder Witterung ausgesetzt, anstatt darunter zu leiden, er sozusagen dadurch unzerstörbar wird. Daraus läßt sich leicht schließen, daß dies ein natürlicher Kitt ist, sehr geeignet, Holz, Stein und andere Materialien zu verbinden, aus denen Brücken, Brunnen, Schiffe und alle andere, dem Wasser oder der Feuchtigkeit ausgesetzte Gebäude verfertigt werden.

„Die Zubereitung des Kitts ist sehr leicht; man nimmt dieses Gestein ganz so, wie es aus der Grube kommt, erwärmt es ein wenig, um es gröblich zerreiben zu können, fügt ein wenig Pech hinzu, damit es leichter schmelze und damit die Masse dünner werde, dann schmelzt man sie bei gelindem Kohlenfeuer.

„Man muß das Holz oder den Stein, worauf man den Kitt anwenden will, vorher gut trocknen und ein wenig erwärmen. Zu dem Steinkitt hat man bis jetzt auf jede 10 Pfund Asphalt ein Pfund Pech genommen. Zu dem Holzkitt muß man mehr Pech hinzusetzen. Was jedoch die Marine angeht, so muß man den Handwerksleuten die Sorge überlassen, die zu ihren Arbeiten am meisten passenden Verhältnisse zu suchen; hier sei es genug, hinzuzufügen, daß besagter Asphalt um so weicher und zerlassener wird, je mehr man ihn umschmelzt. Man muß jedoch bei jeder Umschmelzung etwas Pech hinzufügen. Dieses Umschmelzen geschieht in einem kupfernen Kessel, welcher die zur Arbeit erforderliche Quantität enthält.

„Man muß zuerst das Pech schmelzen, dann nach und nach den Asphalt damit vermischen, indem man mit einem Stock oder Spatel beständig rührt, bis sich die beiden Materien ganz durchdrungen haben. Das Harz macht ihn härter und läßt ihn der Sonnenhitze mehr widerstehen. Das holländische Pech, das man aus den Wurzeln der Bäume gewinnt, macht ihn zäher. Die Mischung muß aus einem Teil Pech (d. h. gemeines Pech) und acht oder neun Teilen Asphalt bestehen, je nachdem man sie mehr oder weniger flüssig machen will, — nach geschehener Anwendung, bevor er ganz erkaltet ist, kann man diesen Kitt vermittelst eines warmen Eisens (wie das, dessen sich die Maurer bedienen bei ihrem Bastardkitt) sehr gut ebnen oder glätten. Vor allem müssen die Arbeiter dafür sorgen, die Steine oder anderen Materialien sehr gut zu reinigen, bevor der Kitt angewendet wird; denn wenn man einige Mängel an der Arbeit fände, so würde das durchaus nicht von der genannten Materie, wohl aber von der Art und Weise der Anwendung herrühren."

Die Erfolge, die Eirinis erzielt hat, wurden ihm amtlich bestätigt. In einem Attest aus dem Jahre 1716 wird ihm aus Neufchatel bezeugt, daß zahl-

reiche Zisternen und Brunnenbecken aus Holz und Stein mit seinem Asphalt vollkommen gut und dauerhaft verbunden und gedichtet und auch eine Plattform und ein Speicherboden zu völliger Befriedigung der Eigentümer damit belegt worden seien[1]). Wir ersehen hieraus, daß Eirinis bereits mit klarem Blick die Hauptverwendungsweisen des Asphaltmastix, zu denen er auch heute noch ausschließlich dient: zur Isolierung gegen Kälte und Feuchtigkeit, zur Verdichtung und als Fußbodenbelag, richtig erkannt hatte. Es war ihm leider nicht beschieden, was wir an manchem Wohltäter der Menschheit zu beklagen haben, die Früchte seiner Erfindung selbst zu genießen.

Eirinis mußte einsichtsvolle und auch kapitalkräftige Männer für seine Sache interessieren, und unter den letzteren befand sich auch ein gewisser de la Sablonnière, Schatzmeister der Eidgenossenschaft, welcher dieselbe im Einverständnis mit dem Erfinder zu verwerten suchte. Es gelang ihm, in Frankreich festen Boden zu fassen und dortselbst verschiedene Arbeiten auszuführen, worauf er den Erfinder fallen ließ und sich selbst als solchen ausgab. Eirinis selbst sehen wir bereits im Jahre 1735 die Schweiz verlassen und finden ihn im Elsaß wieder, wo er abermals eine bedeutende Asphaltlagerstätte, die von Lobsann, entdeckte, welche bis heute in ununterbrochenem Betriebe steht. Die Industrie im Val de Travers geriet in Verfall und beschränkte sich schließlich auf eine Destillation des Gesteins zur Gewinnung der Öle, deren medizinischer Gebrauch gleichfalls von Eirinis schon bekannt gegeben war. Jedenfalls waren Erfindung und Erfinder zu Anfang des 19. Jahrhunderts vollständig in Vergessenheit geraten.

Nicht besser erging es einem Unternehmen, das die im Jahre 1797 zu Seyssel entdeckten und durch Dekret vom 9. Fruktidor des Jahres V konzessionierten Asphaltlager im gleichen Sinne auszubeuten suchte. Hier war schon seit längerer Zeit die Gewinnung von Bergteer in lebhaftem Betrieb. Man hatte bald gelernt, aus dem Pulver des daselbst gebrochenen bituminösen Kalksteins durch Zusatz von 5 bis 10 Proz. Bergteer einen vorzüglichen Mastix herzustellen, verfiel aber in den großen Fehler, den Asphalt für alle Zwecke anzupreisen, selbst für solche, für die er sich niemals konnte verwenden lassen. Daher konnte es nicht ausbleiben, daß der Asphalt rasch in Mißkredit geriet und ein Unternehmer nach dem anderen zu Grunde ging.

Im Jahre 1802 erwarb Graf de Sassenay das Privileg und die Anlagen von Seyssel und führte einen rationellen Betrieb ein, der sich vor allem auf Versuche über die richtige Anwendung des Asphalts gründete. Für das Studium des Asphalts ließ er ein eigenes Laboratorium errichten, in welchem auch geschulte Arbeiter für die praktische Ausführung von Asphaltarbeiten aller Art herangebildet wurden. Auf diese Weise gelang es ihm, den Asphalt rasch zu hohem Ansehen zu bringen. Namentlich in Frankreich, wo alsbald öffentliche Plätze und Hallen, Brücken und Straßen mit Asphaltestrich versehen, Kasematten und andere Festungsbauten gegen den Einfluß der Feuchtigkeit durch eine Abdeckung aus Asphaltmastix geschützt wurden, gewann die Sache

[1]) Meyn, loc. cit., S. 25.

immer mehr an Boden, und daher stammt auch das notorische Übergewicht, welches die Franzosen bis in die neueste Zeit sich in bezug auf Asphaltarbeiten gegenüber den anderen Nationen erhalten haben. Noch ein weiterer Vorteil gegenüber der Asphaltindustrie im Val de Travers kam Seyssel sehr zustatten.

Eirinis war gezwungen, sich des Pechs zur Herstellung des Mastix aus dem bituminösen Gestein zu bedienen, und konnte deshalb, wie wir heute wissen, nur ein minderwertiges Asphaltmaterial erzielen; dem Grafen von Sassenay aber standen zu diesem Zweck die reichen Bergteervorräte seines Areals zur Verfügung, von denen wir gleichfalls wissen, daß sie sich zur Herstellung eines guten Mastix vortrefflich eignen. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß der Mißerfolg Eirinis' im Val de Travers zum großen Teil auch mit auf diesen Umstand zurückzuführen ist. In Seyssel war es auch, wo man durch fortgesetzte Versuche gefunden hat, daß man den Fußbodenbelag aus Asphaltmastix durch Zusatz von grobem Kies in Erbsengröße bedeutend verbessern und widerstandsfähiger machen kann, eine Erfindung, durch die der Asphalt von Seyssel alsbald einen Weltruf gewann. Neben Eirinis wird daher der Name des Grafen von Sassenay für alle Zeiten mit der Geschichte der Asphaltindustrie eng verknüpft bleiben.

Die Erfolge des Grafen von Sassenay brachten auch Leben in den Betrieb der Gruben von Lobsann, welche, wie wir gesehen haben, 1735 von Eirinis entdeckt worden waren. Schon seit Jahrhunderten kannte man unter dem Namen „Hanauischer Erd- und Wunderbalsam" ein in dessen Nähe, bei Pechelbronn, auftretendes Erdöl, dessen Vorkommen Eirinis im bituminösen Sand der Tertiärformation bei Lobsann feststellte und auf Grund einer Konzession durch Destillation ausbeutete. Eirinis starb ohne Vermögen, und seine Konzession verfiel dem bereits erwähnten de la Sablonnière, welcher den Bergteer auf rationelle Weise wie in Seyssel durch Kochen des bituminösen Sandes mit Wasser und Abschöpfen des an der Oberfläche sich sammelnden Bitumens gewann. Es ist wahrscheinlich, aber nicht erwiesen, daß er denselben nach dem Vorgange Seyssels zur Verbesserung seines Mastix aus dem Val de Travers, jedenfalls aber ohne pekuniären Erfolg, verwandte.

Der Betrieb seines Werkes ging im Jahre 1768 in den Besitz der Familie Le Bel über, welche das um dieselbe Zeit durch den Salinendirektor Rosentritt aus Sulz unterm Wald in der Nähe von Lobsann entdeckte Lager von bituminösem Kalkstein gleichfalls erwarb und in Abbau nahm. Zur Zeit der höchsten Blüte des Seysseler Werkes finden wir eine französische Kommanditgesellschaft mit einem Kapital von 1200000 Frcs. als Eigentümerin der Gruben von Lobsann, nachdem sie vorher durch die Hände einer Firma Dournay frères gegangen war, welche sich die Errungenschaften Seyssels wohl zunutze zu machen verstanden hatte.

Ein eigenes Geschick ließ die Gruben vom Val de Travers, welche den ersten Anstoß zu der Bewegung gegeben hatten, bis zu diesem Augenblick fast vollständig in Vergessenheit geraten. Es war gleichfalls dem unermüd-

lichen Streben des Grafen von Sassenay vorbehalten, die Asphaltindustrie auch in diesem Tale zu größter Blüte zu erwecken. Er erwarb die Konzession, gründete zur Ausbeutung des Werkes eine größere Gesellschaft in Paris und sicherte sich die zollfreie Einfuhr der Erzeugnisse vom Val de Travers nach Frankreich. Mit dieser Gründung waren die damals bekannten bzw. ausgebeuteten Zentrallagerstätten des Asphaltsteins in den Händen französischer Gesellschaften; aber obgleich dadurch eine lebhafte Konkurrenz geschaffen war und die Preise für Asphaltmastix mehr und mehr fielen, so konnte doch an eine allgemeine Verwendung desselben als Straßenmaterial infolge der hohen Transportkosten nicht gedacht werden. Seine Anwendung zu diesem Zweck blieb lange Zeit beschränkt auf Paris, Lyon und einige andere französische Städte.

Noch eine weitere Gefahr erwuchs dem natürlichen Asphalt in der damals gerade im Aufblühen begriffenen Leuchtgasindustrie, welche bedeutende Mengen des in jener Zeit noch fast wertlosen und lästigen Teers auf den Markt warf. Namentlich seit die Verarbeitung des Gasteers durch Destillation fabrikmäßig betrieben wurde, fand man in dem dabei entfallenden Steinkohlenteerpech ein Surrogat für den natürlichen Asphalt, das begierig aufgegriffen wurde, „und so traten denn gleich in den ersten Jahren allerhand Nachahmungen auf, welche den guten Ruf des Materials einesteils vorübergehend aufs ernstlichste geschädigt, anderenteils infolge reklameartiger Anpreisungen die wildesten Spekulationen hervorgerufen haben“ [1]).

Viel später erst trat auch die deutsche Asphaltindustrie ins Leben. Zwar war auch hier das Vorkommen gewisser Bitumina schon seit Jahrhunderten bekannt; das des Erdöls bei Tegernsee nachweislich schon seit 1430, und das des hannöverschen wird zum erstenmal 1546 von Agricola erwähnt. Als Fundstätte von bituminösem Kalkstein (Asphaltstein) war das Dörfchen Limmer bei Hannover schon seit dem Jahre 1730 (durch Eirinis?) bekannt. Aber erst seit 1843 wird das Lager mit Erfolg abgebaut (zuerst durch Hennig), und heute teilen sich zwei große Gesellschaften, eine deutsche und eine englische, in die Ausbeutung der großen Lagerstätte. Gleich wie im Val de Travers, in Lobsann und Seyssel, deren Gestein der hier zutage tretende Asphaltstein nicht bloß hinsichtlich seiner Zusammensetzung und Entstehung, sondern auch seinem geologischen Alter nach völlig gleich zu setzen ist, wurde das Material gemahlen und mit einem Zuschlag von rohem Bergteer, welcher nördlich von Hannover schon seit unvordenklichen Zeiten aus der Erde quillt, auf Mastix verschmolzen.

Seit Mitte der sechziger Jahre werden auch die bedeutenden Asphaltsteinlager von Vorwohle bergmännisch ausgebeutet und das Material ähnlich wie in Limmer von verschiedenen Gesellschaften industriell verwertet. Seitdem Lobsann nach dem Kriegsjahr 1870/71 in deutschen Besitz übergegangen ist, ist auch dessen Asphaltbergwerk, zuletzt dem Grafen von Oppersdorf gehörig und gegenwärtig im Besitz der „Lobsann-Asphaltgesellschaft“

[1]) Dietrich, Die Asphaltstraßen, Berlin 1882, S. 64.

(Direktor G. P. Walsh), dem Bestand der deutschen Asphaltindustrie wohl als hervorragendstes Glied zuzuzählen.

Noch später erst trat die Asphaltindustrie Italiens ins Leben, wo mächtige Lager von Asphaltsteinfelsen schon seit langem bekannt sind. Am frühesten hat man, wie es scheint, den Abbau der Asphaltfelsen in den Abruzzen in die Hand genommen, wo sich 1868 unter dem Namen „Asphaltène“ eine Gesellschaft zur Ausbeutung der Lager von Lettomanoppello (Prov. Chieti) bildete.

Es wurde bei genanntem Orte [1]) eine Schwelerei von 30 stehenden Retorten eingerichtet und in Grottamare eine Destillerie gebaut, welche das zu gewinnende Bitumen auf Öle verarbeiten sollte. Nach Fertigstellung dieser kostspieligen Anlage stellte es sich heraus, daß man auch aus dem besten Rohmaterial nicht über 13 Proz. Bitumen gewinnen konnte, und daß dieses bei der Destillation nicht mehr als 20 Proz. Öle unter 0,875 spez. Gew. lieferte. Die Öle waren außerdem so unrein, daß sich eine Verarbeitung auf Leuchtöle und Schmieröle gar nicht lohnte. Die bei der Destillation entweichenden Gase verpesteten die Luft derartig, daß die Einwohnerschaft von Grottamare die Schließung der Destillerie durchsetzte. Die Gesellschaft löste sich daher bald auf und trat ihr Material an mehrere Engländer ab, die aber keine ernsten Arbeiten vornehmen ließen. Später entstand eine Gesellschaft unter dem Namen Anglo Italian Mineral Oils and Bitumen Company, welche die Asphaltlager vön Roccamorice erwarb. Hier verfiel man in denselben Fehler wie in Lettomanoppello: man baute zunächst bei San Valentino eine Destillerie und eine großartige Schwelerei mit stehenden Retorten, in welcher der Asphalt mit überhitzten Wasserdämpfen behandelt werden sollte, und verband die Anlage mit den etwa 7 bis 8 km entfernten Asphaltbrüchen durch eine Eisenbahn. Die im Großbetriebe erhaltenen Resultate ergaben eine Ausbeute von 5 Proz. an Bitumen, und aus letzterem resultierten bei der Destillation etwa 65 Proz. Öle, von denen die Hälfte Leuchtöle, die andere Hälfte Schmieröle abgeben sollten. Die Leuchtöle erwiesen sich aber als zu geringwertig, und die Schmieröle enthielten so viel Brandharze, daß auch bei weitgehender Reinigung immer nur eine schlechte, in Italien kaum verkäufliche Ware gewonnen wurde. Die Anglo Italian Company stellte daher im Jahre 1882 den Betrieb gänzlich ein. Heutzutage bestehen noch zwei unbedeutende Schwelereien: die von Paparella an der Grube Fonticelli, wo der Asphaltstein in geneigten, schmiedeeisernen, etwa 9 Zentner fassenden Retorten in primitiver Weise ausgeschmolzen wird, und die von Vittorio Croizat bei Torre dei Passeri, wo man aus dem Rohmaterial von Lettomanoppello ungefähr zwei Zentner Bitumen täglich gewinnt, welches zur Herstellung von Ölgas verwertet wird.

Heute verarbeitet man den Asphalt von San Valentino anscheinend mit weit besserem Erfolg in gleicher Weise wie auf den bereits erwähnten anderen mitteleuropäischen Lagerstätten.

Auch in Filettino und Colle San Magno (Prov. Caserta) werden Asphaltbrüche in mäßigem Umfang von den Firmen Righetti u. Co. und

---

[1]) Chem.-Ztg. 1885, S. 907.

Quirino de Ceola in Neapel betrieben. Die Brüche liegen meist hoch im Gebirge, und ihr Material wird durch Frauen auf dem Kopf zu Tal getragen, wo es auf Asphaltpulver und Mastix verarbeitet wird, zu welch' letzterem leider häufig genug das billigere Teerpech statt des natürlichen Bitums verwendet wird [1]). Das Material wird von der Station Rocca Seca versandt und wird in Rom und Neapel hauptsächlich zu Terrassen- und Häuserabdeckungen verwendet. Ein anscheinend mächtiges Asphaltsteinlager befindet sich noch in der Provinz Salerno in der Gemarkung Lariano und wird von der Firma Nicotera u. Co. in Neapel seit 1878 ausgebeutet, soll aber wegen der hohen Gestehungs- und Transportkosten die Konkurrenz mit den Asphalten anderer Herkunft nicht bestehen können.

Dagegen hat der Asphalt von Ragusa (etwa 20 km von der Südküste Siziliens) schon längere Zeit sich einer gewissen Beliebtheit erfreut. Er dient nicht allein zur Fabrikation von Baumaterialien, sondern wird auch, da er sich in etwas erwärmtem Zustande leicht schneiden und auf der Drehbank verarbeiten läßt, zur Herstellung von Luxusgegenständen verarbeitet. Die Asphaltindustrie Siziliens ist zweifellos die bedeutendste von ganz Italien. Die Ausbeutung der Minen wurde gleichzeitig von den Firmen H. und A. B. Aveline u. Co. und Società sicula per Exploitatione dell' Asphalto naturale siciliano betrieben. Erstere erzeugte auf ihren Werken in Catania schon 1884 über 3000 Tons Gußasphalt; letztere beschränkte sich anfänglich auf den Export des rohen Felsens, hat sich aber neuerdings gleichfalls auf das Mahlen des Gesteins und die Fabrikation von Mastix eingerichtet. Der Asphalt von Ragusa gelangt im Hafenort Mazarelli zur Verladung.

Während nun bis ungefähr zur Mitte unseres Jahrhunderts der Asphalt (bzw. Asphaltstein) in Form von Mastix seine hauptsächlichste Anwendung zur Herstellung von Gehwegen und Trottoirs, sowie zur Isolierung von Mauern gegen den Einfluß der Feuchtigkeit und zur Abdeckung von Gewölben, Terrassen und dergleichen gefunden hatte, dagegen zur Ausführung von Fahrbahnen infolge ungünstiger Erfahrungen nicht oder doch nur in sehr geringem Maße herangezogen worden war, so sollte ihm nunmehr durch eine fast gleichzeitig in der Schweiz und in Frankreich gemachte Beobachtung eine neue Zukunft beschieden sein. In den erwähnten Gruben vom Val de Travers, Seyssel und Lobsann hatte man beobachtet, daß der Boden von Höfen, Wegen und Räumen, wo infolge Transports und Lagerung von Asphaltstein und -Pulver vielfach Gelegenheit zur Verstreuung desselben gegeben war, im Laufe der Zeit eine so feste und für den Regen undurchdringliche Beschaffenheit angenommen hatte, wie man sie für die vorzüglichste Fahrbahn nicht besser wünschen konnte. Diese Beobachtung wurde von Dietrich [2]) noch in jüngster Zeit gelegentlich seiner im Auftrage des preußischen Ministeriums ausgeführten Informationsreise nach denselben in allen und besonders der Grube in Lobsann bestätigt gefunden. Wie Meyn [3]) berichtet, boten schon zu der Zeit, als man nach der Periode

[1]) Chem.-Ztg. 1885, S. 941. — [2]) Die Asphaltstraßen, S. 66. — [3]) Der Asphalt, S. 50.

der ersten Mastixarbeiten von Eirinis den Asphaltstein des Val de Travers nur noch zur Destillation medizinischer Öle nach den Laboratorien führte, die Wege zwischen den Gruben und den letzteren ein eigentümliches Ansehen und besaßen eine durchaus dichte, feste und elastische Oberfläche, auf welcher die Pferde die Last leicht bewegen konnten, ohne daß man einen Verschleiß der Straße wahrnahm. Im Jahre 1856 besuchte Meyn die Gruben vom Val de Travers und hat „diese Wege mit höchster Freude betrachtet, ohne zu wissen, daß eine Anwendung im großen bereits angebahnt sei, und ohne auf den richtigen Gedanken, die Verpflanzung dieses durch die Natur gelehrten Systems nach den Straßen großer Städte, zu verfallen".

Wenige Jahre früher hatte indessen schon der französische Ingenieur de Coulaine die Übertragung dieser Beobachtung auf den Bau von Kunststraßen ins Werk gesetzt. Bei Saumur (zwischen Rouen und Bordeaux) ließ derselbe auf einer kurzen Strecke Chaussee zu Grus zerkleinerten Asphaltstein statt des Kieses in die Steinschlagdecke der Straße einwalzen. Die Beschüttung fuhr sich leicht fest, indem der, namentlich in der Wärme leicht formbare Asphalt sich in die Zwischenräume des Granitschotters einzwängte und eine ungleich ebenere und elastischere Decklage gab als eingewalzter Kies. Andere Versuche auf den Wölbungen von Straßenbrücken ergaben das willkommene Resultat, daß eine so hergestellte Decke auch für Regenwasser undurchlässig ist, was man selbst mit einer auf das sorgfältigste ausgeführten Abdeckung mit hydraulischem Mörtel nicht erreichen konnte. Zudem besaß das neue Pflaster den Vorzug der Geräuschlosigkeit, der Reinlichkeit und, wie es schien, größter Dauerhaftigkeit, da der Witterungswechsel ganz ohne Einfluß darauf blieb.

Allein später stellten sich doch Mißstände ein, welche ein Verlassen dieser soviel versprechenden Straßenbefestigung zur Folge hatten. Es hat sich nämlich gezeigt, daß namentlich im Sommer bei heißer Witterung eine Bewegung der in der bituminösen und plastischen Hülle gelagerten Granitschüttung nicht ausgeschlossen war, daß dadurch Risse in der Decklage entstanden, in welche, besonders bei regnerischem Wetter, allerlei Schmutz eindrang, welcher ein späteres Zusammenbacken des bituminösen Deckmaterials verhinderte und zu Beschädigungen Veranlassung gab.

Zu einer anderen Art der Ausführung dieser vortrefflichen Straßenbefestigung war inzwischen der Ingenieur A. Merian aus Basel gelangt. Dieser hatte auf der Decklage der bestehenden Chaussee von Travers nach Pontarlier eine Schicht Asphaltstein, den er vorher durch Erhitzen zu Pulver hatte zerfallen lassen, in gleichmäßiger Schicht ausbreiten und festwalzen lassen und dabei trotz des ungenügenden Untergrundes eine vorzügliche Fahrbahn erzielt, bei welcher die Nachteile des Versuches von de Coulaine vollkommen beseitigt waren. Ihm gebührt daher zweifellos das Verdienst, der Schöpfer der modernen Straßen mit komprimiertem Asphalt zu sein.

Die weiteren Fortschritte in diesem Asphaltierungsverfahren knüpfen sich besonders an die Namen Léon Malo, W. H. Delano, E. Dietrich u. a., wie im speziellen Teil ausführlicher dargelegt werden soll.

Der großartige Aufschwung, dessen sich die Asphaltindustrie in den letzten dreißig Jahren zu erfreuen hatte, ist in erster Linie der Erfindung **Merians** zu danken; die italienische Asphaltindustrie hätte sich ohne dieselbe bis heute wahrscheinlich zu irgend welcher Bedeutung nicht erhoben.

Die Geschichte des **künstlichen Asphalts**, zu welchem wir nicht allein die Produkte der trockenen Destillation fossiler Brennmaterialien und die durch eine weitere Destillation daraus gewonnenen, festen Rückstände (Pech) rechnen, sondern im weiteren Sinne auch daraus hergestellte Gebrauchsartikel, wie Mastix, Eisenlacke, Holzzement, Dachpappen usw., ist neueren Datums. Wenngleich auch die Kunst des Kohlebrennens aus Holz ins graue Altertum zurückreicht, so scheint man doch erst spät das Auftreten flüchtiger Substanzen dabei beobachtet zu haben. **Plinius** erwähnt zwar die Gewinnung eines Pechs hierbei, dessen man sich zum Verstreichen der Fugen der Schiffe bedient habe; es ist aber anzunehmen, daß es sich nur um ein Harz gehandelt hat, das beim Verkohlen sehr harzreicher Hölzer ausgeschmolzen wurde und aus dem Meiler herausgelaufen ist, also nicht um ein Produkt der trockenen Destillation.

Der Ursprung der Teergewinnung beim Kohlebrennen verliert sich im Dunkel der Geschichte; sicher ist aber, daß der Holzteer zuerst aus Schweden und Finnland in großen Mengen ausgeführt wurde, und vermutlich haben wir daher auch hier die Geburtsstätte der Holzteerindustrie zu suchen. Erst viel später lernte man auch die Gewinnung von Teer aus fossilen Brennmaterialien, zunächst der Steinkohle, kennen. Es war **Johann Joachim Becher**, geb. 1635 zu Speyer, welcher in seiner „Närrischen Weisheit" folgendes berichtet:

„In Holland hat man Torff und in Engelland Stein-Kohlen, beyde taugen nicht viel zum Brande, weder in Zimmern, noch zum Schmeltzen: ich habe aber einen Weg gefunden, nicht allein beyde Sorten zu guten Kohlen zu brennen, die nicht mehr rauchen noch stincken, sondern mit den Flammen davon so starck zu schmeltzen, als mit dem Holtze selbsten, und so eine große Extension der Feuer-Flammen, daß ein Schuh solcher Kohlen 10 Schuhe lang Flammen machen; das habe ich im Haag demonstrirt mit Torff und hier in Engelland bei dem Herrn **Boyle** mit Stein-Kohlen, auch in Windsor darmit in grosso abgetrieben. Bei dieser Occasion ist auch merckenswürdig, daß, gleichwie die Schweden ihre Teer aus kiefern Holtz machen, also hab ich hier in Engelland aus Stein-Kohlen Theer gemacht, welche der Schwedischen in allem gleich gehet, und noch in etlichen Operationen darüber ist. Ich habe die Probe daran gethan, sowohl auff Holtz als auff Stricke, und ist in der Probe gut befunden worden, gestaltsam dann auch der König eine Probe davon gesehen, welches von Engelländischen eine große Sache ist, und die Kohlen, wann die Theer daraus gezogen ist, seyn besser zum Gebrauch als vorhin." Daß **Becher** sehr wohl die Tragweite seiner Erfindung erkannte, geht daraus hervor, daß er unterm 19. August 1681 im Verein mit **Henry Serle** ein englisches Patent entnahm „A new way of makeing pitch, and tarre out of pit coale, never before found out or used by any other".

Ein wesentliches Glied in der Kette von Erfindungen und Entdeckungen, welche die Teerindustrie einleiteten, waren die Beobachtungen von **Clayton**,

über die Pecston[1]) wie folgt berichtet: „Dr. Clayton bemerkte im Jahre 1739 zuerst, daß beim Destillieren von Steinkohlen unter anderem sich auch eine Luftart entwickelt habe, welche sogleich in Berührung mit einer brennenden Lampe Feuer fing. Er sammelte diese Luft in Ochsenblasen auf und unterhielt seine Freunde oft damit, daß er mittels einer Stecknadel kleine Öffnungen in die Blase machte und die Luft gegen eine Lichtflamme preßte, wobei sie sich sogleich entzündete." Die weitere Entwickelung dieses, damals „philosophisches Licht" benannten Experimentes zu der gewaltigen Industrie der Gasbeleuchtung durch die Bemühungen des unglücklichen Philippe Lebon in Frankreich, sowie von William Murdoch und Samuel Glegg in England und seitdem vieler anderer darf als bekannt vorausgesetzt werden.

Nun hatte man zwar das Rohmaterial zur Herstellung künstlicher Asphaltprodukte, allein an eine Verwendung hierzu dachte zunächst niemand. Im Gegenteil, es war der Steinkohlenteer anfänglich ein äußerst lästiges Nebenprodukt, dessen Beseitigung mit mancherlei Schwierigkeiten verknüpft war. Noch 1830 schrieb Alex[2]): „Das Teer wird selten angewendet; man kann Gas daraus bereiten, wenn man es in Retorten leitet, die mit angefeuchtetem Koks gefüllt und bis zum Rotglühen erhitzt werden." Und trotzdem hatte beinahe schon ein Jahrhundert früher, am 7. August 1746, Henry Haskins[3]) ein englisches Patent entnommen, dessen Gegenstand er wie folgt beschreibt: „Neue Methode, um aus Teer eine Essenz (spirit) oder ein Öl zu extrahieren und durch denselben Prozeß das schönste Pech zu gewinnen". Wir finden in diesem Patent schon genau die Prinzipien angegeben, nach welchen auch heute noch die Destillation des Teers erfolgt; da in jener Zeit der Steinkohlenteer so gut wie unbekannt war, ist es wahrscheinlich, daß es sich um die Destillation von Holzteer bei Haskins Patent handelt.

Übrigens war die älteste, erhebliche Absatzquelle für Steinkohlenteer diejenige zur Fabrikation der Dachpappe, welche, wie es scheint, schon im 18. Jahrhundert durch den schwedischen Admiralitätsrat Faxa[4]) erfunden, aber jedenfalls unabhängig von ihm durch Kag hergestellt worden ist. Eine Zeitungsnotiz[5]) aus dem Jahre 1891 berichtet: „Ein Bürger zu Mühldorf am Inn in Bayern, Michael Kag, ist Verfertiger einer Pappe, die zu Dachschindeln gebraucht werden kann, indem sie allen Einwirkungen des Regens und der Luft widersteht. Er erzielt das durch Vermischung mit Firnis und Staubmehl. Es ist diese Ölpappe auch mit gutem Erfolge statt des Leders zu Schuhsohlen verwendet worden."

Später hat man den teuren Schiffsteer oder Firnis durch den billigen Steinkohlenteer ersetzt, den man zu diesem Zweck nicht einmal erst destillierte, sondern wie auch selbst bis in die neueste Zeit noch an manchen Orten durch einfaches Erhitzen in offenen Pfannen entwässerte.

---

[1]) On Oil- and Coalgas, London 1823. — [2]) Handb. d. angew. Chemie von Dumas, übersetzt von Engelhart und Alex, 1830, 1, 746. — [3]) Zitiert nach Lunge-Köhler, Industr. d. Steinkohlenteers u. Ammoniaks 1, 296. — [4]) Vergl. Luhmann, Fabrikation der Dachpappe usw. Wien, Pest und Leipzig. Hartleben. — [5]) „Leipz. Tageblatt" vom 2. Aug. 1891, Nr. 214, 1. Beil.

2*

Accum zeigte dann 1815, daß sich beim Entwässern des Teers in geschlossenen Gefäßen eine Essenz gewinnen lasse, welche das Terpentinöl für manche Zwecke zu ersetzen vermag; Bethell erfand 1838 die Imprägnierung des Holzes durch schwere Steinkohlenteeröle, und Brönner gewann schon seit 1846 die flüchtigsten Bestandteile des Teers durch Destillation und verwendete sie zu dem nach ihm benannten „Fleckwasser". Als dann Ende der fünfziger Jahre die Industrie der Anilinfarben aufzublühen begann, wurde die Destillation des Steinkohlenteers zu einer allgemein üblichen Arbeit. Das dabei entfallende Pech lernte man sehr bald als Surrogat für die verschiedensten Verwendungsarten des natürlichen Asphalts kennen und verwerten, bisweilen freilich mit zweifelhaftem Erfolg, wie wir später sehen werden.

Die schon lange vor der Einführung der Gasbeleuchtung geübte Fabrikation von Koks aus Steinkohlen versuchte zwar schon gleich zu Anfang die Gewinnung der Nebenprodukte, waren doch nach de Gensanne[1]) schon vor dem Jahre 1768 Muffelöfen zur Verkokung von Steinkohle zu Sulzbach bei Saarbrücken im Betrieb, und hatte doch bereits Dundonald[2]) sein am 30. April 1781 entnommenes englisches Patent „Ein Verfahren zur Extraktion oder Darstellung von Teer, Pech, flüchtigen Ölen, flüchtigem Alkali, Mineralsäuren, Salzen und Koks aus Steinkohle" auf seinen Kokswerken seit 1786 in der Ausführung. Allein lohnend war die Sache keineswegs und wurde bald wieder verlassen, bis, nach mancherlei Schicksalen, zu Anfang der achtziger Jahre im verflossenen Jahrhundert ein neuer Aufschwung eintrat, und die Gewinnung der Nebenprodukte bei der Koksfabrikation so große Dimensionen annahm, daß diese seither ein sehr gefährlicher Konkurrent der Nebenprodukte des Leuchtgases geworden sind.

Etwas später und fast gleichzeitig zu Anfang der fünfziger Jahre traten in England die schottische Schieferölindustrie und in Deutschland die sächsisch-thüringische Braunkohlenteerindustrie ins Leben, beide begründet auf der Entdeckung des Paraffins durch Reichenbach 1830. In England war es James Young, welcher den Grundstein zur heutigen Industrie der Leuchtstoffe aus bituminösen Schiefern legte, und in Deutschland verdankt dieselbe ihre enorme Entwickelung hauptsächlich den Bemühungen Riebecks und seiner Mitarbeiter. Nicht wenig zu dem Aufschwung, den diese Industriezweige genommen haben, trug 1863 das Erscheinen des amerikanischen Petroleums auf dem Weltmarkt bei, indem dieses das Vorurteil, mit welchem bis dahin allen Mineralölen begegnet worden war, zerstreute. Während die beiden erstgenannten Industrien in ihren Rückständen der Asphaltindustrie künstliches Material als Surrogate für gewisse Asphaltprodukte (Goudron usw.) boten, müssen wir die Residuen der amerikanischen Petroleumindustrie, zu welcher sich später noch die russische, deutsche, österreichische usw. gesellten, den natürlichen Asphalten zuzählen, welche ja auch, wie wir später sehen werden, die gleiche Zusammensetzung besitzen und auf gleichem Wege, wahrscheinlich aus Petroleum selbst, entstanden sind.

[1]) Traité de la fonte des mines, Paris 1770, 1, Cap. 12. — [2]) Ilgen, Die Gasindustrie der Gegenwart, Leipzig 1874, S. 29.

Zweites Kapitel.

Das Vorkommen des natürlichen Asphalts.

Das Vorkommen des Asphalts oder asphalthaltiger (bituminöser) Materialien ist über die ganze Erde verbreitet; nicht überall aber ist dieses Vorkommen ein so mächtiges, daß sich die bergmännische Gewinnung verlohnt. In folgendem werden wir daher nur jene Lagerstätten berücksichtigen und zum Teil eingehender beschreiben, welche eine größere Bedeutung für die Asphaltindustrie gewonnen haben. Im allgemeinen kann man sagen, daß das Vorkommen des Asphalts beschränkt ist auf die drei sedimentären Perioden der paläozoischen, mesozoischen und känozoischen Gruppe, also solcher geologischen Formationen, welche erst entstanden sind, nachdem die Oberfläche der Erde so weit abgekühlt war, daß Lebewesen (Pflanzen und Tiere) darauf existieren konnten.

In diesen Schichten findet sich nun der Asphalt im Zustande verschiedenster Reinheit und Aggregation, vom leichtflüssigen, dunkelgefärbten Petroleum bis zum spröden, glänzend-schwarzen Erdpech, vom träg-flüssigen Asphaltsand oder der Asphalterde bis zum massiven und massigen Asphaltfelsen, dessen Härte je nach der Natur und Menge seines Bitumengehaltes eine sehr beträchtliche sein kann. Die Gewinnung dieser Produkte kann daher eine sehr verschiedenartige sein: Die flüssigen werden durch Bohrarbeit entweder in Form von Quellen oder Fontänen oder durch Pumparbeit aus dem Erdinnern zutage gebracht, während die festen bergmännisch teils durch Tagbau, teils durch Schachtbetrieb gefördert werden.

Als reinstes Vorkommen des Asphalts ist von jeher das im Toten Meer berühmt gewesen. Dieses Meer, Bahr Lut (Lots Meer) der Araber, Lacus asphaltites (Erdpechsee) der Klassiker, Jam Hamelach (Salzmeer) oder Jam Hacarabah (Meer der Wüste) der Hebräer, ist ein Landsee im Südosten von Palästina, dessen Spiegel 394 m unter dem des Mittelmeeres liegt. Zwischen schroffen und kahlen Ufermauern findet sich der See grabartig eingesenkt. Seine Länge beträgt 75, seine durchschnittliche Breite 10 km, seine Oberfläche 915 qkm. Beträchtliche Wassermengen werden dem See durch den Jordan und andere Flüsse zugeführt, aber trotzdem senkt sich das Niveau desselben allmählich, da sich diese Wassermenge infolge des fast tropisch-heißen Klimas ausschließlich durch Verdunstung wieder verliert. Im Osten und Westen steigen Gebirgsreihen

schroff in die Höhe, während am südwestlichen Ende sich ein ganzer Salzberg erhebt. Die ganze Umgegend soll nach einigen äußerst steril und fast ohne jegliche Vegetation sein und wie verbrannt aussehen, die Natur wie tot sein, woher auch der Name „Totes Meer" stammen soll. Nach neueren Berichten liegt der See blau und lachend, wie der Golf von Neapel, vor des Beschauers Füßen.

Die Ursache der Senkung dieser Landschaft wird von van de Velde auf vulkanische Ereignisse zurückgeführt, worauf schon das Vorkommen von Erdöl- und Asphaltquellen, sowie umfangreiche Schwefel- und Bimssteinlager deuten. Möglicherweise ist durch Brände in den Lagern der bituminösen Gesteine ein Einsturz ausgedehnter Hohlräume erfolgt, wodurch das Becken für das Tote Meer geschaffen wurde. Einen bemerkenswerten Anklang an diese Katastrophe bildet die biblische Erzählung vom Untergang der Städte Sodom und Gomorra. Fraas, welcher noch 1866 das Tote Meer besuchte, konnte indessen keine Spur vulkanischer Tätigkeit entdecken. Er fand im Gegenteil eine reine Sedimentlandschaft aus Kreidebildungen mit vollkommen horizontal gelagerten Schichten vor, aus denen das Wasser die tiefe Spalte herausgenagt hat, in welcher das Tote Meer tief unter dem Spiegel des Mittelmeeres liegt. Nirgends konnte er eine Spur vulkanischer Erscheinungen in der näheren Umgebung antreffen, obwohl tektonische Erdbeben, wie in vielen Kalkgebieten, so auch hier häufig verspürt worden sind. Auf ein solches mag auch die Katastrophe der Städte Sodom und Gomorra zurückzuführen sein. Sicher ist die Beschreibung früherer Reisenden von der Umgebung des Toten Meeres durch den biblischen Bericht stark beeinflußt worden.

Das Wasser des Toten Meeres ist klar, aber stark salzhaltig; sein spezifisches Gewicht beträgt 1,21, schwankt aber je nach der Jahreszeit und der Schöpfstelle; so bestimmte es Lavoisier (1778) zu 1,2403, Marcet (1807) zu 1,211 und neuerdings Mitchell zu 1,203. Meerwasser zeigt ein durchschnittliches spezifisches Gewicht von 1,027. Eine erste Analyse des Wassers vom Toten Meere machte Lavoisier (1778) und fand darin 46,6 Proz. feste Substanz, von welcher 40 Proz. aus Calcium- und Magnesiumchlorid und der Rest aus Kochsalz bestand. L. Gmelin[1]) fand es bestehend aus 24,54 Proz. Salzen und 75,46 Proz. Wasser. Nach einer anderen Analyse ist seine Zusammensetzung folgende:

Chlormagnesium	11,77	Proz.
Chlornatrium	7,07	„
Chlorkalzium	3,21	„
Brommagnesium	0,44	„
Wasser	77,51	„
	100,00	

C. Ainsworth-Mitchell[2]) hat neuerdings das Wasser des Toten Meeres untersucht und fand darin, abgesehen von etwas organischer Substanz, 24,46 Proz. feste Bestandteile, nämlich:

---

[1]) Pogg. Ann. 9, 177. — [2]) Knowledge 1901, Novemberheft.

Chlormagnesium	9,06	Proz.
Chlorkalzium	3,49	„
Chlornatrium	8,52	„
Chlorkalium	2,37	„
Eisenchlorid Aluminiumchlorid	0,55	„
Chlorammonium	0,029	„
Kalziumsulfat	0,148	„
Kieselsäure	0,083	„
Brommagnesium	0,021	„
	24,271	

Aus mehreren benachbarten heißen Quellen fließt Asphalt in flüssigem Zustande hervor, gelangt mit dem Wasser in den See und erhärtet darin beim Erkalten zu Stücken, welche infolge des hohen spezifischen Gewichtes des Seewassers auf dessen Oberfläche schwimmen und durch Abschöpfen gewonnen werden. Dieser Erguß kommt in besonders reichlicher Menge nach Erdbeben vor und muß in früheren Zeiten viel beträchtlicher gewesen sein, wie wir aus den Mitteilungen von Strabo und Diodor (S. 7 u. ff.) gesehen haben.

Weniger rein, aber von größter Mächtigkeit ist das Vorkommen des Asphalts auf der Insel Trinidad, vor der Mündung des Orinoko. Hier findet sich ein ganzer Pechsee von 1000 Schritt Länge und 120 Schritt Breite mit einer Oberfläche von etwa 40 ha; an der Küste erheben sich Pechriffe und auf Pech, kaum von Erde bedeckt, schreitet man zum See, der $^3/_4$ Stunden von der Westküste und 7 Meilen südlich vom Hafen entfernt ist. Am Rande des Sees ist das Pech hart und kalt, nach dem Innern zu wird es warm und nimmt Fußeindrücke an, in der Mitte fließt und kocht es noch, doch zeigen sich keine vulkanischen Ausbrüche mehr. In der Regenzeit kann man den ganzen See überschreiten. Zwei Schiffsladungen dieses Asphalts wurden Anfang der dreißiger Jahre des vorigen Jahrhunderts durch Admiral Cochrane[1]) nach England geschickt, seit welcher Zeit sich seine ausgedehnte, technische Anwendung datiert.

Die erste, ausführliche Schilderung des Pechsees von Trinidad gaben, wie es scheint[2]), Nugent[3]) und Alexander[4]). Der See, welcher $1^1/_2$ engl. Meilen im Umfang hat, liegt 36 Meilen südwärts vom spanischen Hafen. An der Landspitze La Braye (Cape la Brea) erheben sich Pechmassen, schwarzen Felsen gleich, und treten ins Meer hinaus. Die Höhe des Pechsees über dem Meere beträgt 80 Fuß. Auf erhärtetem Pech erhebt man sich stufenweise bis zu demselben. Gegen die Mitte nimmt die Bodenwärme allmählich zu, und endlich trifft man Stellen, wo das Pech in flüssigem Zustande, aufkochend, zu sehen ist. Alle Versuche, die Mächtigkeit des Pechs zu ergründen, blieben ohne genügendes Resultat. Der Erguß des Peches aus dem See muß unermeßlich gewesen sein, da die ganze Gegend umher, die Bai von Grapo ausgenommen, welche ein Hügel schützt,

[1]) Leonhard, Jahrb. der Min. 1833, S. 629. — [2]) Leonhard, Lehrbuch der Geognosie und Geologie, Stuttgart 1846 bis 1849, S. 932. — [3]) Transact. of Geol. Soc. 1, 63. — [4]) Jameson, Edinb. nat. phil. Journ. 1832, 27, 94.

damit überdeckt worden ist. In 40 Meilen südlicher Entfernung vom Pechsee, beim Point du Cac, liegen einige Schlammvulkane, in deren Krater kochender Schlamm beständig Blasen wirft, aber nie den Rand derselben übersteigt.

Einer interessanten Schilderung der „New Yorker Staatszeitung" vom 15. Dezember 1901 entnehmen wir nachfolgende Einzelheiten, sowie die beigefügten drei Illustrationen (Fig. 1 bis 3): „Der Boden in der Nähe des Sees nimmt Torffarbe an, wird hart, die Vegetation hört auf; wir stehen auf erhärtetem Asphalt, und vor unseren Augen liegt ein See, wie man ihn nirgendswo wieder findet. Man denke sich einen See (Fig. 1) inmitten eines holsteinischen

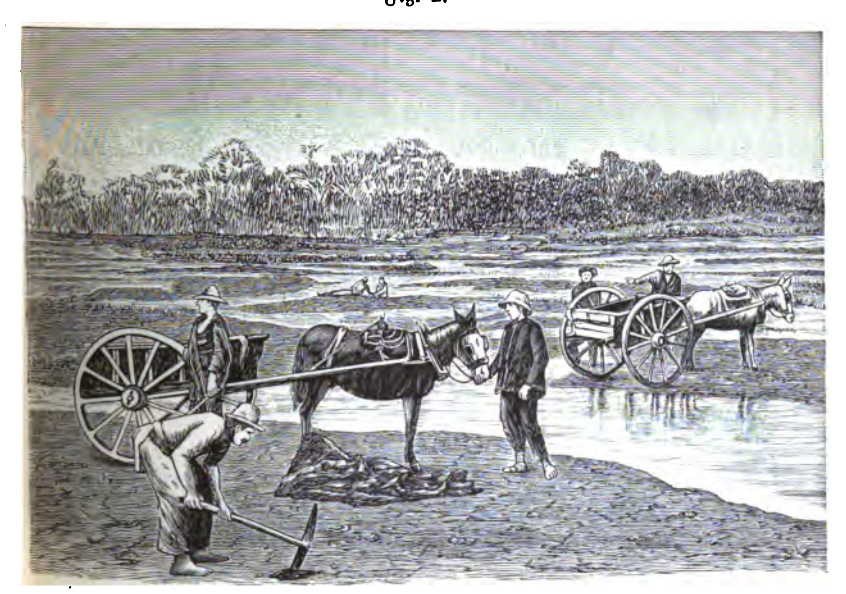
Fig. 1.



Torfmoores, man ersetze in der Phantasie das Wasser durch eine rötlichbraune, zähe Flüssigkeit, die in einem ewigen langsamen Sieden und Brodeln begriffen ist, und auf deren Oberfläche kleinere und größere Inseln von bereits in der Erstarrung begriffenem Erdpech treiben; rund herum eine Zone von hartem, beschreitbarem, aber noch eindrucksfähigem, mit der Hacke (Fig. 2) zu bearbeitendem Asphalt, der wieder etwas weiter nach außen vom See steinhart wird und endlich in gewöhnliches Erdreich mit kümmerlicher Vegetation übergeht, und man hat ein Bild, wie es sich unserem Auge darbot. Seit fast 100 Jahren werden diesem See alljährlich 50 000 bis 100 000 Tonnen des kostbaren Asphalts entnommen, ohne daß sich die geringste Abnahme im Vorrate gezeigt hätte: was tagsüber von der Oberfläche genommen wird, quillt nachts von unten wieder herauf. Mutter Natur scheint hier — im Gegensatz zu so manchen früh versiegten Petroleum- oder Mineralwasserquellen — einen geradezu unerschöpflichen Vorrat des in Menschenaugen wertvollen Stoffes zu besitzen. Und wie leicht ist seine Gewinnung, wie billig sein Transport: ohne Mühe in noch weichem Zustande von der Oberfläche entnommen, wird er wenige 100 Meilen

zur Transportstation gekarrt, dort kommt er in große eiserne Körbe und eilt vermöge seiner Schwere dem Meere zu. Am Ende der Brücke leert sich der Korb direkt in den Laderaum eines kleinen Dampfers, und fort geht er nach New York, Baltimore, Boston usw. Von einem Punkte im Inneren der Insel bis zum Brückenende draußen im Meere läuft eine lange Reihe von eisernen Türmen, die zwei parallele Stahltaue tragen, über welche vermittelst Rollen große eiserne Tragkörbe in beiden Richtungen gleiten. Die vom Lande kommenden, mit Asphalt gefüllten Körbe eilen vermöge ihres Gewichtes nicht allein selbsttätig an das Ende der Brücke (wo sie in bereitliegende kleine Dampfer

Fig. 2.



ausgeleert werden), sondern ziehen auch noch die leeren Körbe nach der Station am Asphaltsee zurück" (Fig. 3).

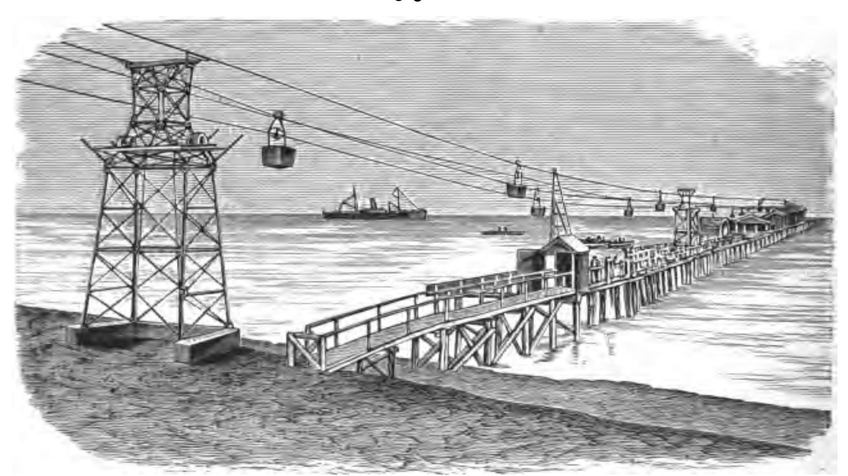
Nach Cumenge[1]) besitzt der See bei einer Oberfläche von ungefähr 40 ha eine durchschnittliche Tiefe von 6 m. Die Menge des Asphalts wird bei einem jährlichen Bedarf von 15000 Tonnen auf 3 Mill. Tonnen geschätzt. Nur an zwei oder drei Stellen ist der Asphalt noch weich, und das Nachwachsen der ausgestochenen Stellen ist nicht auf eine Neubildung, sondern auf eine Ausfüllung durch die plastische Masse von der Seite her zurückzuführen. Außer in dem sogen. See findet sich Asphalt noch auf dem benachbarten Plateau und als Glanzpech tertiären Schichten eingelagert bei Montserrat. Nähere Angaben über die geologischen Verhältnisse des Asphaltsees von Trinidad findet man übrigens bei Wall und Sawkins[2]), auf die verwiesen werden muß.

---

[1]) Ann. min. [8] 2, 137; Liebig und Kopp, Jahresber. 1882, S. 1579. — [2]) Report on the Geology of Trinidad. London, Longmans, Green u. Co.

Weitere Mitteilungen über das Vorkommen von Asphalt auf der Antilleninsel Trinidad macht Peckham. O. Lange[1]) berichtet darüber, daß der Asphaltsee sich in einer Höhe von 42 m über dem Meeresspiegel befindet und nicht allein von Asphalt vollkommen bedeckt oder erfüllt ist, sondern auch von großen Mengen Asphaltes umgeben ist, so daß sich seine Begrenzungslinie nur schwer feststellen läßt. Er bildet eine schüsselförmige Vertiefung in einem abgestumpften Kegel, der nach Richardson und Peckham der Krater eines alten Schlammvulkans aus sehr wenig stabilem Material ist. Der Kegel lehnt sich gegen die Seite eines Hügels; nach der Südseite verläßt ein Asphaltabfluß, wahrscheinlich durch eine Seitenspalte, wie ein gletscherförmiger Asphaltstrom den See und führt bis zur Küste. Eine bis 13 m tiefe Ausschachtung hat diesen Strom noch nicht durchteuft. Die aus Eisenpech, Koks, Schutt und


Fig. 3.



Vegetation bestehende Oberfläche ist fest, dagegen ist der Untergrund, bestehend aus etwas Wasser und mehr oder weniger flüchtige Bestandteile enthaltendem „Käsepech", in Fluß. In der Mitte des Sees befindet sich ein Kranz von kleinen Inselchen, innerhalb und um dieselben eine dunkle, schlammig aussehende Fläche mit dazwischen liegenden Pfützen oder Wasseradern. Die einzelnen Schollenfelder sind unregelmäßig groß, leicht gewölbt, bestehen aus Erdpech und sind von Gashöhlungen aufgebläht, daher auch der Name Käsepech für dieses Material. Das Gesamtvolumen der Gase wird auf ein Drittel der ganzen Seemasse geschätzt und durch dieselben wird der Asphalt spezifisch leichter als Wasser.

Nach einer anderen Quelle münden in den See sechs Bäche, die auch ihren Abfluß aus demselben haben, deren Lauf aber durch das in Bewegung befindliche Pech fortwährend verändert wird.

---

[1]) Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenw. 1895, S. 667 durch Chem.-Ztg. 1896, Rep. S. 10.

Nach Clifford Richardson[1]) hat das Wasser des Sees ein spezifisches Gewicht von 1,0599 und enthält in einem Kilogramm:

Gesamttrockensubstanz	82,1 g
Natrium	27,193 „
Kalium	0,528 „
Chlor	38,210 „
Schwefelsäure	3,207 „
Kalk	Spur
Magnesia	0,506 „
Kohlensäure	3,700 „
Kieselsäure	0,222 „

außerdem noch organische Substanz, viel Schwefelwasserstoff, Jod und Bor.

Der von der Insel Trinidad exportierte Asphalt kommt in zwei Qualitäten in den Handel, als Lake- (See-) Asphalt und Landasphalt, wovon der erstere sich durch eine größere Reinheit auszeichnet. Die Ausbeutung des Lagers erfolgt durch zwei Gesellschaften, die „Trinidad Asphalt Company" als Konzessionärin des Pechsees und die „La Brea Co.", deren Asphalt nicht aus dem See stammt. Nach einer Broschüre der ersteren[2]) hat sich der Export an reinem Seeasphalt in den letzten 30 Jahren stets erhöht und erreichte im Jahre 1892 die höchste Exportziffer mit 97665 Tons à 1016 kg. Es ist dies in einem Jahre verschiffte Quantum also bedeutend größer als alle Asphaltverschiffungen von sämtlichen Asphaltfundorten der Welt zusammengenommen.

Seit einiger Zeit ist auch dem Vorkommen von Asphalt in Venezuela[3]) eine erhöhte Aufmerksamkeit zugewendet worden. Bis jetzt kommen für den Welthandel nur zwei Fundstellen in Betracht; beide sind im Osten des Landes unfern der Mündungen des Orinoko gelegen und bieten eine leichte Verschiffungsgelegenheit. Die eine dieser Minen ist Eigentum einer deutschen Gesellschaft, die im Jahre 1891 mit der Ausbeutung zu beginnen gedachte. Das hier gefundenene Produkt ist ein flüssiger Asphalt, der etwa 40 Proz. Öle enthalten soll. Die Schicht, aus welcher dieses Öl stammt, befindet sich etwa 12 bis 25 m unter der Oberfläche, besteht aus feinem, mit Asphalt getränktem Sand und hat eine Stärke von angeblich über 15 m.

Die zweite Fundstelle für Asphalt liegt bei Guanaco, etwa 15 km westlich von dem Orte Guariquen am Golf von Paria. Der dort gewonnene Asphalt ist nicht mehr flüssig, sondern fast hart, bedeckt eine Fläche, die angeblich zehnmal so groß ist, wie die des Asphaltsees auf Trinidad und besteht aus einem Produkt, das reiner sein soll als dasjenige der englischen Kolonie, da es nur etwa 4 Proz. erdige Beimischungen enthält. Die Mine ist Eigentum der New York and Bermudas Company, welche zu dem großen amerikanischen Asphalttrust gehört.

In Verbindung mit diesen Asphaltfunden steht das Vorkommen von Petroleum an verschiedenen Stellen von Venezuela. Nach Mitteilungen von

[1]) Journ. Soc. Chem. Ind. 17, 13 bis 32. — [2]) Trinidads Asphaltsee- und Landasphalte. Bremen, Druck von Carl Schünemann. — [3]) Chem. Ind. 1901. S. 313.

interessierter Seite, die jedoch einer weiteren Bestätigung noch bedürfen, sprechen Anzeichen dafür, daß sich sowohl in den bezeichneten Distrikten im Osten wie auch an der Küste westlich von Puerto Cabello in der Nähe der Orte Toenyo, Capadare und Curamichate, ferner in dem einstweilen noch sehr unzugänglichen Gebirgslande Tachira größere Petroleumlager befinden.

Ein ähnlicher Pechsee, wenn auch in bescheidenen Verhältnissen, findet sich nach Ochsenius[1]) in Peru bei Coxitambo, Provinz Payta, und wird seit dem Jahre 1860 ausgebeutet. Hier findet sich der Asphalt im Zusammenhang mit Petroleumlagern, welche neuerdings ebenfalls ausgebeutet werden. Ähnliche Vorkommen, welche wahrscheinlich gleichfalls mit Erdöllagerstätten in Verbindung stehen, werden außerdem gemeldet vom Hügel Condorocana, Provinz Angaracs (schon seit 1760 bekannt), und Sacsamarea, beide im Departement Huancavelica, dann von Pastos de Mito, Provinz Janja, Departement Junin, und Clumpi, Provinz Parinacochas, Departement Ayacucho. Die näheren Verhältnisse dieser Lokalitäten sind indessen nicht bekannt.

Interessante Mitteilungen über ein außerordentlich großes Vorkommen von reinem Asphalt in Mexiko bringt ferner ein Bericht des amerikanischen Vizekonsuls Bielenborg[2]) in Matamoros. Der Asphaltbezirk liegt in der Nähe des Distrikts Sota de la Marina, und der Transport der dort gewonnenen Produkte kann auf dem Wasserwege bis zur Küste geschehen. Der La Marinafluß fließt durch das Gelände und ist für Fahrzeuge von 30 Tons schiffbar. Nachdem bereits seit langer Zeit Gerüchte über bedeutende Petroleumvorkommen in Mexiko in Umlauf waren, wurde auf Veranlassung des Genannten das Terrain sowohl, wie auch das angebliche Petroleum näher untersucht, und es ergab sich, daß die teerige Substanz kein Petroleumrohöl, sondern Asphalt ist, sowie daß hier eins der reichsten Asphaltfelder der Welt vorliegt. Es wurden ungefähr 20 Mineralteerquellen aufgedeckt, welche sich in beständiger Tätigkeit befinden. Eine Fläche von über 20 Quadratmeilen ist von Asphaltlagern gebildet, und die benachbarten Flüsse sind während des ganzen Jahres mit einer öligen, fetten Substanz bedeckt, welche von den umgebenden Bergen in die Wasserläufe gelangt und deren Wasser ungenießbar macht. Alle Anzeichen sprechen dafür, daß sich unter dem Asphaltlager noch ein ausgiebiges Lager von Erdöl und Kohle befindet. Zur Exploitierung dieser Lager hat sich bereits eine amerikanische Gesellschaft gebildet, welche eine Konzession auf 50 Jahre erworben hat und gegenwärtig mit den Bohrarbeiten beschäftigt ist.

Von ähnlichem Umfang scheint auch ein Asphaltvorkommen im Kreise Santa Barbara in Kalifornien zu sein. A. S. Cooper[3]) berichtet, daß in dem dortigen Gebirge sich große, gleichförmige Sandbetten finden, welche sich nur durch die Größe und Gestalt der Sandkörner voneinander unterscheiden. Der Sand ist mit etwa 8 bis 15 Proz. Asphalt durchtränkt und seine Menge wird auf etwa 50 Mill. Tons, die des Asphalts auf etwa 20 Mill. Barrels

[1]) Chem.-Ztg. 1891, Rep. S. 1866. — [2]) Chem. Ind. 1897, S. 102. — [3]) Eng. and Min. Journ. 1898, p. 278; Chem. Revue über Fett- und Harzind. 1899, S. 37.

geschätzt. Bis zu einer Tiefe von 2 Fuß ist der letztere braun und spröde, Eigenschaften, welche durch Entweichen der leichtflüchtigen Bestandteile und wahrscheinlich durch Polymerisation bedingt sind. Darauf folgt eine etwa 6 Zoll dicke Schicht eines sehr zähen Materials. Mit wachsender Tiefe wird der Asphalt weicher, bis er in einer Tiefe von 500 bis 1000 Fuß die Konsistenz eines dickflüssigen Öls zeigt.

Noch an manchen anderen Orten Nordamerikas findet man Asphaltlager von abbauwürdigem Umfang. G. H. Stone[1]) hat alle Asphaltvorkommen von Utah und Colorado auf Veranlassung der Regierung genau untersucht. Das häufigste Vorkommen befindet sich in dem sogen. Sandasphaltfels. Es besteht dieser Fels aus Quarzkörnern, zwischen welchen Asphalt sich findet (15 Gew.-Proz. und weniger). Die größte Mächtigkeit beträgt 12 m, gewöhnlich jedoch nur 1 bis 3 m (Ashley Creek U.). Ähnliche Lager sind die bituminösen Schiefer, die 10 bis 20 Proz. einer kohlenstoffhaltigen, dem Wurtzilit ähnlichen Masse enthalten. Die reicheren Lager werden als Ölfels in Colorado verarbeitet; sie erreichen selten $^5/_4$ m Mächtigkeit. Auch bituminöse Kalksteine kommen weit verbreitet vor; sie sehen entweder grau, gelbbraun oder schwarz aus, sind oft oolithisch oder konkretionär. Hier findet sich der Asphalt in Höhlungen als solcher oder als Wurtzilit oder Uintait. Ausfließende Asphalte, ähnlich wie Petroleum, finden sich ebenfalls; man unterscheidet: 1. Maltaasphaltteer oder Pittaasphalt. Die von Utah haben alle schwarze Farbe; sie sind gewöhnlich flüssig, erhärten aber, sind dann wachsartig oder hornig und finden sich in schmalen Adern. 2. Uintait oder Gilsonit, ein leicht löslicher und schmelzbarer Asphalt. 3. Wurtzilit, ein schimmerndes, zähes, schwer schmelzbares und auflösbares Erdpech. Alle drei hat Blake näher beschrieben.

Die Lager von Wurtzilit sind jünger als Jura, wahrscheinlich sind alle Sandasphaltlager von tertiärem Alter. Die schwarzen Asphalte und bituminösen Mergel haben das Alter der Green River-Formation. Dasselbe Alter haben die bituminösen Kalksteine; einige derselben sind vom Alter der oberen Wasatch-gruppe. Der Ausbruch der Spaltengänge, welche Uintait, und einige, welche Wurtzilit enthalten, sind jüngeren Ursprungs als die Browns Park-Epoche.

An einer Stelle im Ashleytale liegt ein Kohlenflöz direkt auf dem Sandasphalt. In den Wasatch- und Roanbergen finden sich Kohlenlager von 0,4 m Mächtigkeit zusammen mit den Schiefern und Kalksteinen der Green River-Formation.

Beträchtliche Lager von Asphalt in verschiedenen Varietäten finden sich in Kanada[2]), zumal in Kings- und Alberts-Countries, N. B. Ein großer Teil derselben war aber bereits 1898 erschöpft, so daß der Export des Asphalts nach den Vereinigten Staaten ganz aufgehört hat, die Produktion aber für den einheimischen Bedarf noch ausreicht.

Asphalte von großer Reinheit und Härte, welche sich, ebenso wie derjenige vom Toten Meer, zur Herstellung feiner Lacke eignen, zeigen sich auch auf

[1]) Am. Journ. Science 1891, 42, 48. — [2]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1903, p. 531.

Kuba, sowie den übrigen Westindischen Inseln und bilden einen nicht unbedeutenden Ausfuhrartikel der betreffenden Länder.

Bergteer (Goudron minérale), ein dickflüssiger Asphalt von mehr oder minder großer Reinheit, findet sich im Verein mit den zahlreichen Petroleumlagerstätten, sowie eingelagert als Gänge und Nester in die gleich zu besprechenden Felsenmassen bituminösen Kalksteins (Asphaltfelsen) und zeigt deutlich den Übergang vom leichtflüssigen Erdöl zum harten und spröden Asphalt. Auch in Sand eingebettet usw. wird er vielfach angetroffen und wird durch Ausseigern daraus gewonnen. Beträchtliche Lager finden sich in den Schigulewschen Bergen (Rußland), sowie im Kaukasus.

Unter den russischen Asphaltlagerstätten ist besonders diejenige in der Nähe des Ortes Kara-Tschungul[1]) im Bezirk Guriew (Gouvernement Uralsk im Uralgebiet) für die Bildung des Asphalts interessant. Man findet dort etwa 130 km von der Mündung des Ural ins Kaspische Meer entfernt neben den im Jahre 1895 von Lebedjeff entdeckten Naphtaquellen mächtige Lager von Asphalt, Erdwachs, Glaubersalz und anderen wertvollen Mineralien, von denen zunächst nur die genannten ausgebeutet werden. Die Naphta findet sich hier nicht wie in Baku in unterirdischen Seen, sondern in weit verzweigten Adern, wodurch ihre Ausbeutung sehr erschwert wird.

Nach M. Boulangier[2]) hat man eine beträchtliche Lagerstätte bei Crédo an der französisch-schweizerischen Grenze halbwegs zwischen den beiden wichtigen Asphaltlagern von Seyssel und Val de Travers aufgefunden. Das Lager besteht aus Sandbetten, die mit einem stark paraffinhaltigen, zähflüssigen Bergteer imprägniert sind, der beim Anbohren der Schichten ausfließt. Ähnliche Lagerstätten finden sich bei Pechelbronn und Lobsann (Elsaß) und Hordorf, Limmer und Vorwohle (Preußen).

Weit wichtiger in industrieller Beziehung ist natürlich das Vorkommen des Asphalts in Form von bituminösem Gestein, und wir wollen im folgenden die Hauptfundstätten desselben, welche einer bergmännischen Ausbeutung unterliegen, ausführlicher besprechen. Zunächst zu erwähnen als eine der zuerst ausgebeuteten und noch heute eine der wichtigsten Lagerstätten ist das Val de Travers, ein romantisches Quertal des Jura im Kanton Neuchâtel, durch dessen Sohle die Reuse nach dem Neuchâteler See fließt. Seinen Namen führt es von dem Städtchen Travers, einer Station der Bahnlinie Neuchâtel-Pontarlier. Hier ist es der Kalkstein der Neokomformation, welcher von Bitumen durchtränkt ist und fast an allen Wänden des Tales zutage steht. Besonders bemerkenswert ist die Hauptfundstätte in der Umgebung von Bois de Croix. Die abgebaute Schicht ruht auf einem härteren, nicht bituminösen Kalkstein in einer Stärke von 2 bis 6 m und ist überlagert von einem muschelhaltigen Ton.

Die Hauptminen liegen etwa 1 km von Travers entfernt, und obgleich sie in ihrer größten Tiefe noch nicht den Wasserspiegel der Reuse erreichen, ist der Wasserandrang aus dem sie überlagernden, mehrere 100 m Mächtigkeit besitzenden

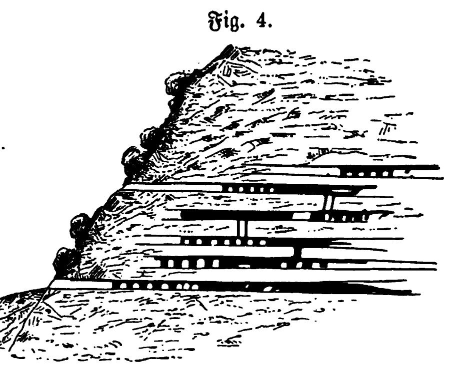
[1]) Chem. Ind. 1900, S. 210. — [2]) Eng. and Min. Journ. 1897, p. 400; Chem.-Ztg. 1897, Rep. S. 138.

Gebirgsstock doch ein so enormer, daß eine besondere, in ununterbrochener Tätigkeit befindliche Wasserhaltung stündlich ungefähr 65 cbm zutage schafft. Im übrigen ist die Senkung der abgebauten Schicht von der Talseite nach der Bergseite hin eine so mäßige, daß die Förderwagen der Feldbahn durch Menschenkraft betrieben werden können.

Die Gruben werden sowohl bergmännisch als fabrikatorisch von der „Neuchatel Asphalte Company“ in London ausgebeutet.

Als weiteren wichtigen Fundort haben wir Seyssel an der Rhone im französischen Departement de l'Ain an der Bahn von Genf nach Culoz, etwa 50 km von Genf, zu verzeichnen. Treppenförmig übereinander gelagert, mit schwachem Gefälle nach dem Flusse hin, finden sich hier (Fig. 4) sieben Schichten Asphaltstein mit einer Mächtigkeit von je $1^1/_2$ bis $4^1/_2$ m, welche durch schmale Zwischenschichten von Sandstein und bitumenfreiem Kalkstein getrennt sind. Der Abbau erfolgt im Erdinnern in der Weise, daß das Material von Schicht zu Schicht auf Rampen abwärts und auf Karren mit Pferdebetrieb zum Ufer der Rhone befördert wird. Bergteer trifft man in der in diesem Teile der Rhonelandschaft allgemein verbreiteten Molasseformation im Sandstein nesterweise an. Im Rhonebecken liegen die Schichten dieses Molassesandsteins fast horizontal und erheben sich bis zu einer Höhe von 200 bis 300 m über den Rhonespiegel. Sie sind auf der ganzen Strecke bis Genf an einzelnen Stellen bituminös, wie überall, wo das Bitumen nicht im Sand, sondern im Sandstein angetroffen wird, wo das mehr oder weniger feste Gefüge eine größere oder geringere Kapillarität zuläßt. Nach Meyn[1]) werden diese bitumenhaltigen Teile des Sandsteins in jenen Bänken, welche ungefähr im Niveau des Tales liegen, durch Bergbau in Stollen, „deren unregelmäßige Querschläge dem eigensinnigen Verlaufe der Bitumenverteilung folgen“, durch Bohren und Schießen gewonnen. Nach dem Zerkleinern und Auskochen mit Wasser liefert das Gestein etwa 3 bis 4 Proz. Bergteer.

Fig. 4.



Zu Anfang des 19. Jahrhunderts, als diese Bergteergruben schon längst im Betrieb waren, entdeckte man erst die oben erwähnte, oberhalb dieser Gruben unter der Molasse hervortauchende Schicht des bituminösen Jurakalksteins, welche zwar eine viel beschränktere Ausdehnung besitzt, aber bei sehr großer Mächtigkeit ein unerschöpfliches Material für die Industrie darbietet. Der Gehalt an Bitumen in dieser Schicht beträgt ungefähr 10 Proz. Man erreicht diese Gruben wenige Kilometer von Seyssel entfernt bei der Station Pyrimont, woselbst

[1]) Der Asphalt, Halle 1872, S. 28.

sich auch die Fabrik der sie abbauenden Gesellschaft (Compagnie Générale des Asphaltes de France, Ld.) befindet (vgl. die beistehende Karte der Konzession, Fig. 5). Die ursprünglichen, auf dem rechten Ufer der Rhone gelegenen Gruben von Pyrimont sind anscheinend erschöpft, weshalb man neuerdings ungefähr 1 km oberhalb auf dem linken Ufer bei Volant eine neue Strecke

Fig. 5.

in Abbau genommen hat, deren Material auf Schiffen der Fabrik in Pyrimont zugeführt wird. Die ganzen Verhältnisse des steil zur Rhone abfallenden Berglandes bringen es mit sich, daß der Abbau in keiner Weise durch Wasser belästigt wird.

Die gleiche Gesellschaft beutet auch die im Süden von Frankreich, Departements Puy de Dôme und Cantal, gelegenen Gruben in Chavaroche, Forens, Frangy und Bastennes (Depart. des Landes) aus, welche allerdings mehr

bituminösen Sandstein und bituminösen Sand liefern, der sich hauptsächlich zur Fabrikation von Asphaltmastix eignet.

Im Asphaltbergwerk Lobsann im Unterelsaß, ungefähr in der Mitte zwischen Weißenburg und Wörth unmittelbar an den steilen Gehängen des Hochwaldes belegen, ist nach Jasper[1]) folgende Ablagerung aufgeschlossen, die nebst Val der Travers und Seyssel von hervorragender Bedeutung geworden ist. „Von Tage bis zu 60 m Teufe steht Septarienton in verschiedener Ausbildung mit gelbgeflammtem, kalkigem Ton und hellgrauen bis dunkelbraunen Mergeln an, welche sowohl Foraminiferen als Konchylien des Mitteloligozäns, wie **Leda**, **Nucula**, **Pectunculus**, **Pecten** usw. enthalten. Der unter dem Septarienton anstehende Asphaltkalk ist im Hangenden aus Muschelkalkkonglomerat derartig zusammengesetzt, daß das Bindemittel der einzelnen Rollstücke ein grober

Fig. 6.

und zäher Pechsand bildet. Darauf folgen dolomitische Kalke, die von feinen Braunkohlenschmitzen durchzogen sind.

„Die Braunkohle besteht aus Koniferenholz und aus der sogen. Nadelkohle, die aus Palmfasern gebildet wird.

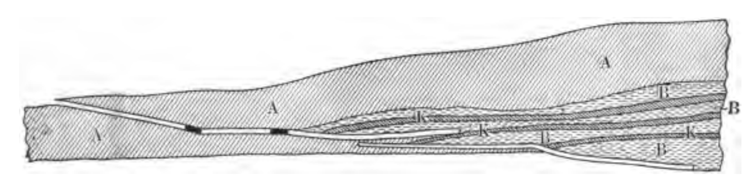
„In diesen Kalk- und Lignitschichten tritt der Asphaltkalk lagerförmig auf, und zwar so mächtig, daß er an einzelnen Stellen das vorwiegende Gestein bildet. Die Mächtigkeit des Asphaltkalkes beträgt etwa 25 m und nimmt in der Richtung auf das Hochgebirge — nach NW. — zu, während er sich nach SO. in der Richtung auf das Dorf Lobsann hinauskeilt, bzw. durch Erosion abgeschwemmt ist. Während derselbe am Gebirge entlang nach NO. bei Drachenbronn nicht mehr ansteht, ist er am Gebirge nach SW. bis Lampertsloch und Pechelbronn zu verfolgen, ohne daß der Süßwasserkalk hier jedoch asphaltführend wäre. Diese Lagerstätte stellt sich somit als eine lokale Einlagerung dar. Unter dem Asphaltkalk stehen unteroligozäne Mergel an, in

[1]) Das Vorkommen von Erdöl im Unterelsaß, Straßburg i. E. 1890, S. 10.

denen sandige Schichten auftreten, deren eine 6 m im Liegenden des Asphaltkalkes schwarzen Pechsand von stark aromatischem Geruch und zäher, klebriger Beschaffenheit führt. Solche Sandlager sind neuerdings nordöstlich der Grube Lobsann auch in der Konzession Kleeburg in einer Teufe von 20 m und einer Mächtigkeit von 3 bis 4 m, in einer Längserstreckung bis 90 m und einer Breitenausdehnung von 40 m aufgeschlossen; der Pechsand wird durch Schachtbetrieb gewonnen und das gewonnene Pech in Lobsann dem Asphaltmastix zugesetzt.

„Diese unteroligozänen Mergel gleichen mit ihren Einlagerungen von Pechsandflözen genau den bei Lampertsloch und Pechelbronn (bei Sulz u.

Fig. 7.
Profil des Lobsanner Asphaltlagers nach der Fallungslinie.

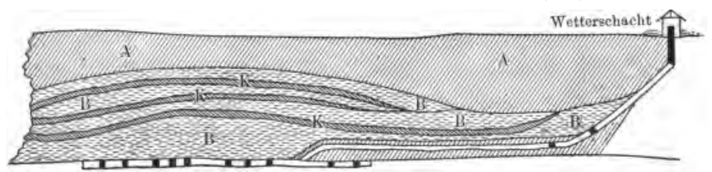


A blaugraue marine Tone; B an Asphalt ärmere Kalksteinbänke; K Asphaltkalke.

Wald, siehe obenstehende Karte der Konzession, Fig. 6) aufgeschlossenen Pechsandlagerstätten.

„Die Fossilien des Asphaltkalkkomplexes sind nicht sehr zahlreich: Stengel, Früchte und Blätter von Chara Voltzi, Sabal major, Cinnamomum und Juglans, sowie an tierischen Resten Melania, Helix, Planorbis, in schlecht bestimmbaren Exemplaren, sowie ein Anthracotherium alsaticum (?)."

Fig. 8.
Profil des Lobsanner Asphaltlagers nach der Streichungslinie.



A blaugraue marine Tone; B an Asphalt ärmere Kalksteinbänke; K Asphaltkalke.

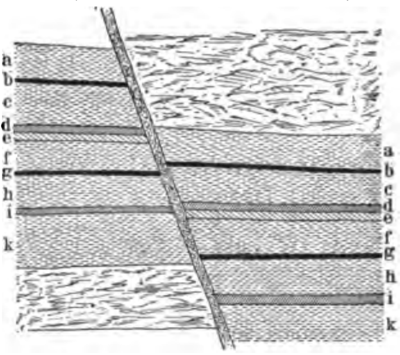
Ausführlich schildert auch Strippelmann[1]) die Lobsanner Asphaltlagerstätte in geologischer Beziehung auf Grund eigener Untersuchungen an Ort und Stelle. „Soweit dieselbe durch Bergbau aufgeschlossen ist, zeigen sich hier als tiefste Bildungsglieder miozäne Tonmergel, Sandsteine mit Einlagerungen von Schwefelkiesknollen und Gipsnestern, wechsellagernd mit an Öl ärmeren bituminösen Sandschichten, welche hin und wieder durch Nagelfluh aus Muschelkalkgeröllen unterlagert werden. Dieser bitumenhaltige Sand, der offenbar identisch ist mit dem Pechelbronner gleichartigen Vorkommen und nur in höheren

---

[1]) Die Petroleumindustrie Österreich-Deutschlands. Leipzig 1878, 3, 182.

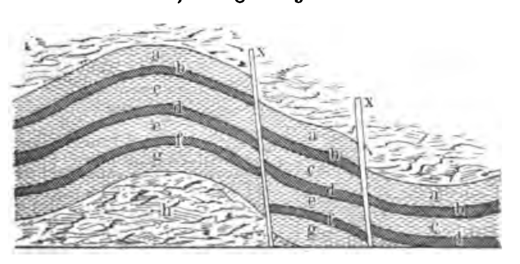
Horizonten abgelagert und daher im Erdölgehalt wesentlich dickflüssiger (Bergteer, Bergpech) ist, war anfänglich Gegenstand bergmännischer Gewinnung, namentlich als sich gezeigt hatte, daß die vorgängige Ausbeutung der ziemlich regelmäßige Zwischenglieder bildenden, schwachen und schwefelkiesreichen Lignit- (Braunkohlen-) Flöze für den Gebrauch auf der Saline Sulz u. Wald nicht recht brauchbar sind. Erst später ging man dann an den Abbau der darüber gelagerten Kalkschichten, welche reich mit Asphalt durchdrungen sind und von einem blaugrauen marinen Ton überlagert werden.

Fig. 9.
Verwerfung im Asphaltkalk von Lobsann.



„Die tertiären Ablagerungen von Lobsann, welche in einer Gesamtmächtigkeit von 100 bis 110 m aufgeschlossen sind, schließen nun eine Schichtenfolge von etwa acht Kalkbänken ein, in welchen an Asphalt sehr reiche (bis 18 Proz.), dunkelschwarz gefärbte, bis 5 m mächtige, mit festen, von Asphalt weniger reich durchdrungenen hellgrauen Kalkschichten wechsellagern. Bei einer wellenförmigen Gestaltung des ganzen Schichtenkomplexes ist eine schwache Neigung der Schichten gegen SO., konform den Pechelbronner Schichten bemerkbar (Fig. 7 u. 8). Mächtig entwickelte, gangartig, mit verschiedenen Zerreibungsprodukten des Nebengesteins teilweise angefüllte Spalten (Fig. 9) veranlassen Verwerfungen der Schichten bis 6 m Sprunghöhe. Charakteristisch ist ein genereller Parallelismus der Verwerfungsklüfte untereinander und mit dem geradlinigen Kamme der Vogesen, an welche sich die Ablagerung anlehnt, also von SW. nach NO. Einzelne dieser Verwerfungen sind dadurch ausgezeichnet, daß aus denselben noch flüssiges Erdpech in größeren Mengen ausfließt und Gegenstand der Gewinnung ist. Alle (von Strippelmann beobachteten) Verwerfungsklüfte haben ein konformes, generell westliches Einfallen, sind sogenannte abfallende Verwerfungen nach dem Vogesenrande zu, die Lager in tiefere Niveaus sprungweise überführend (Fig. 10). Hiernach findet denn auch die Neigung der

Fig. 10.
Verwerfungen im Asphaltkalk von Lobsann nach der Fallungslinie.



x Verwerfungsklüfte; a marine Tone; b, d, f Asphaltkalke; c, e, g an Asphalt ärmere kieselige Kalkbänke mit Ligniteinlagerungen; h miozäne Sandsteine mit Petroleumführung.

Schichten nach dem Vogesenrande ihre Erklärung und ist nicht mit einer **angenommenen**, in Wirklichkeit aber nicht bestehenden Muldenbildung zu **verwechseln**."

„Außer diesen Hauptverwerfungsklüften ist das Gestein nun vielfach mit Querspalten und Querklüften durchzogen und eine Zertrümmerung der Lagerungsverhältnisse, verbunden mit einer Menge Gesteinsabsonderungen zu beobachten, überall von klebrigem, selten tropfbar flüssigem Bergpech erfüllt." (Fig. 11).

„Die reich mit Asphalt erfüllten Kalkablagerungen schließen häufig sehr kieselige, klingend harte Kalkmassen von teilweise sphäroidischer Form (Fig. 12) ein, welche nur an den äußersten Rändern ein schwaches Eindringen des Erdöls erkennen lassen, im übrigen aber nur auf den Steinscheidungen und kleinen Klüften klebriges Bitumen als schwachen Überzug aufweisen oder mit erhärtetem Asphalt erfüllt sind."

Fig. 11.
First einer Strecke (Gallerie) in Lobsann.

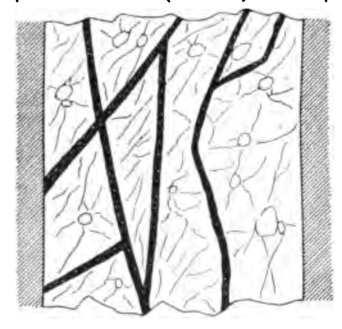
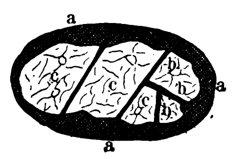


Fig. 12.
Kieselerdehaltige harte Kalkeinlagerung im Asphaltkalk von Lobsann.



a Asphaltimprägnation; b Spalten mit Erdpech erfüllt; c von Asphalt und Erdpech freier Kalkstein, hell gefärbt.

Charakteristisch und besonders wichtig findet Strippelmann den Umstand, daß der Asphaltgehalt des Kalkes nach dem Vogesenrande hin zunimmt, so daß der Asphaltkalk stellenweise eine knetbare Substanz repräsentiert und gleichzeitig flüssiges Erdpech in den Klüften und Verwerfungen in besonders reichlicher Menge austritt.

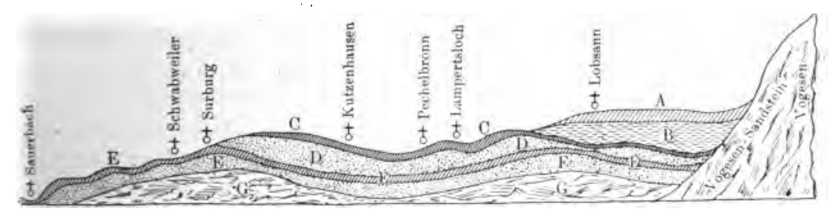
Die schon erwähnten Lignitflözchen des Liegenden und Hangenden finden sich auch in schwächerer Ausbildung zahlreich in den Asphaltkalk selbst eingebettet; die an Schwefelkies reiche Kohle ist zur Zersetzung leicht geneigt, die sich im aufgelockerten Zustande bis zur Selbstentzündung steigern kann und an einzelnen Stellen Grubenbrände zur Folge hatte, welche sich auf den Asphaltkalk übertragen haben und luftdichte Absperrungen ganzer Strecken erforderlich machten.

Der Umstand, daß die Spalten dieser Braunkohlenflöze ebenfalls reichlich mit Bitumen erfüllt sind, könnte zu dem übereilten Schluß führen, daß dasselbe aus der Braunkohle entstanden ist. Allein alle vorliegenden, geologischen Tatsachen weisen nach Strippelmann darauf hin, daß dasselbe seinen Weg genau wie das zu Asphalt erhärtete Petroleum in den Kalkablagerungen genommen hat, und daß diese letzteren nebst den über- und untergelagerten Lignitflözen bereits abgelagert waren, als das Bitumen, wahrscheinlich in

tropfbar flüssiger Form, als Petroleum eindrang und die Gesteinsschichten erfüllte.

Strippelmann hat durch Versuche konstatiert, daß die Aufnahmefähigkeit dieses **Kalksteins** für Erdöl eine wesentlich höhere und beschleunigtere ist als diejenige des groben Sandsteins. „Ermöglichte sonach die Beschaffenheit des Kalksteins eine rasche und ungemein leichte Aufnahme des Erdöls, selbst von dickflüssiger Konsistenz und in kaltem Zustande, so waren die Klüfte und Spalten, welche die Ablagerungen nach verschiedenen Richtungen durchschwärmen und zweifellos durch Eruptionen, welche, wenn auch nur in ihren Kraftäußerungen und deren Folgen sichtbar hervorgetreten sind, gebildet, *die natürlichen Vermittler für den Austritt des aus tieferen Niveaus emportretenden Erdöls, welches, seiner flüchtigen Bestandteile entäußert, in Berührung mit atmosphärischer Luft sich rasch verdickte und schließlich zu Asphalt erhärtete.*"

Fig. 13.
Ideelles Profil vom Sauerbach — Schwabweiler — Pechelbronn — Lobsann bis zum Ostrande der Vogesen.



A Mariner Ton; B Asphaltkalke (Lobsann); C miozäne Tone; D petroleumführende Sande und Sandsteine (Pechelbronn); E miozäne Tone; F petroleumführende Sande und Sandsteine (Schwabweiler); G miozäne Tone und Sandsteine; V Vogesensandstein.

Der Umstand, daß man in den kieseligen und festen Kalksteinablagerungen häufig auf Stellen stößt, welche einen stärkeren Bitumengehalt als ihre Umgebung zeigen, beweist lediglich, daß die weniger kieselige Beschaffenheit dieser Stellen eine größere Aufnahmefähigkeit für ölige Substanzen bedingt. In gleichem Sinne sind auch die von Blätterabdrücken, besonders der Chara, herrührenden mit Asphalt erfüllten Hohlräume, sowie einzelne kleine Hohlräume im Kalkstein, welche mit kristallisiertem Kalkspat und Erdpech ausgefüllt sind, zu deuten. Man hat konstatiert[1]), daß die mit Erdöl angereicherten Sandsteine beim Kochen mit Wasser ihr Bitumen leicht und vollständig abgeben, was der an Bitumen viel reichere Kalkstein von Lobsann nicht tut. Womit dieser Umstand zusammenhängt, ist noch nicht endgültig aufgeklärt; wahrscheinlich ist er eine Folge der dichteren und feinkörnigeren Beschaffenheit des Kalkmaterials.

„Ein Blick auf die Petroleum, Erdpech und Asphalt führenden Schichten der bergbaulich aufgeschlossenen Gewinnungspunkte von Schwabweiler, Pechelbronn und Lobsann (Fig. 13) legt nun unzweifelhaft klar, daß dieselben

[1]) Vergl. *Jasper*, l. c. S. 11; *Strippelmann*, l. c. S. 186.

einem annähernd in einer Hauptrichtung gestreckten Schichtenkomplex der Tertiärformation angehören, daß dieselben sedimentäre, im Zusammenhang stehende Zwischenlagen bilden und Sandstein, Sand und Kalklagen vorzugsweise als Aufnahmebehälter für dasselbe dienen, daß hinsichtlich ihrer Genesis und relativen Altersfolge die Schwabweiler Vorkommen das älteste Glied vertreten, hierauf die zur Zeit bearbeiteten Pechelbronner Schichten, und hierauf als jüngstes Formationsglied die Lobsanner Kalkgebilde mit dem überlagerten marinen Ton folgen." Im Zusammenhang damit können wir auch eine wesentlich größere Leichtflüssigkeit des Petroleums in Schwabweiler, eine bergteerartige Beschaffenheit des Petroleums in Pechelbronn und eine erdpechartige, vorwiegend aber asphaltartige Natur des Erdöls in Lobsann, gleichzeitig aber zunächst in Pechelbronn einen namhaften Ölreichtum der in größerer Teufe aufgeschlossenen Ölschichten konstatieren.

Diese Tatsache beweist, daß der eigentliche Ursprungsort des Bitumens in größerer Tiefe zu suchen ist und wir es hier nur mit sekundären Lagerstätten zu tun haben. Die nach dem Ostrande der Vogesen charakteristisch zunehmenden gewaltsamen Störungen der normalen Lagerung, welche hier wegen der kompakteren Beschaffenheit des Gesteins sichtbarer als in den mehr mergeligen und tonigen Schichten und den feinkörnigen, mürben Sandsteinen in Form von Verwerfungen, Klüften, geborstenen und zertrümmerten Gesteinsschichten zum Ausdruck kommen, zeigen aber zugleich, daß hier Eruptionen in Tätigkeit getreten sind, welche dem in größerer Tiefe gelagerten Erdöl zum Austritt in höhere Niveaus geholfen haben, eine Anschauung, die noch besonders durch den Umstand wahrscheinlich gemacht wird, daß diese Verwerfungen und Spaltenräume zumeist mit größeren Mengen von Petroleum erfüllt sind und mit den ölführenden Schichten in Verbindung stehen. (Strippelmann.)

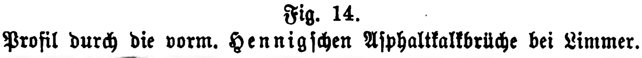
Man erreicht die Gruben und Werke von Lobsann am besten von der Station Sulz u. Wald, welche etwa 6 km davon entfernt liegt. Die alleinige Konzession besitzt gegenwärtig die „Lobsann-Asphalt-Gesellschaft (Generaldirektor G. P. Walsh). Die Fabrik liegt am Fuße eines Bergrückens von beträchtlicher Höhe, in welchen die Schicht auf etwa 70 m Länge mit schwacher Neigung einfällt, während sie im Berge selbst horizontal liegt; Grubenwasser ist nicht vorhanden, und das durch Sprengung mit Pulver (Dynamit hat sich wegen der weichen Beschaffenheit des Gesteins nicht bewährt) gelöste Gestein wird durch Grubenwagen der Fabrik zugeführt. Man arbeitet bei offenen Lampen, da Grubengase nicht vorhanden sind. Die Bohrlöcher werden durch Löffelbohrer mit der Hand hergestellt, und der Abbau geschieht in der Weise, daß rechtwinkelig sich kreuzende Gänge von 3 bis 5 m Weite und, sofern die Stärke der Schicht dies zuläßt, auch annähernd gleicher Höhe angelegt werden, in welchen man quadratische Zwischenpfeiler stehen läßt, deren Stärke vom Bitumengehalt des Gesteins abhängig ist und von 3 bis 5 m Querschnitt schwankt. Eine Auszimmerung der Gänge wird nur in ganz vereinzelten Fällen erforderlich, wo fortgesetzt Abbröckelungen stattfinden[1]). Der Abbau der

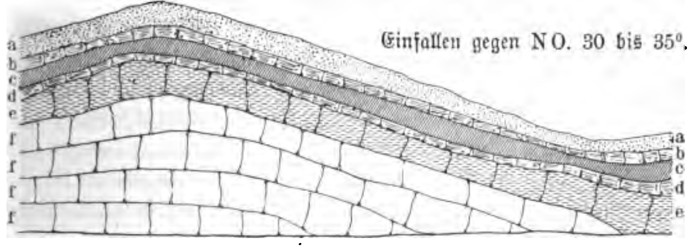
[1]) Dietrich, Baumaterialien der Asphaltstraßen, Berlin 1881, S. 14.

Lagerstätte ist mithin ein denkbar günstiger. Nach einer Mitteilung der Lobsann-Asphalt-Gesellschaft vom April 1898 umfaßt die sehr ausgedehnte Konzession einen Flächenraum von 11,7561 qkm, in welchen das Asphaltlager stellenweise eine Mächtigkeit von 28 m erreicht. Der Vorrat an Asphalterz wird bei einer Jahresförderung von 1500 Doppelwaggons von der zuständigen Bergbehörde als noch auf mehrere 100 Jahre ausreichend geschätzt.

Die wichtigen Asphaltlagerstätten von Limmer, einem Örtchen in der Nähe von Hannover, und Vorwohle, einer Station der Eisenbahn Kreiensen-Holzminden, werden gleichfalls von Strippelmann[1]) eingehend in bezug auf ihre geologischen Verhältnisse geschildert. Der hier geförderte Asphaltkalk gehört den Pterocerasschichten des weißen Jura (mit Aporrhais Oceani) an. Die im Abbau begriffenen Schichten von oolithischem Kalkstein, schiefrigen Mergelbänken und Kalkmergel sind reich mit Asphalt durchdrungen (der Gehalt steigt bis 18 Proz.), erscheinen im frischen Bruch dunkelbraun und zeigen intensiven

Fig. 14.


Profil durch die vorm. Hennigschen Asphaltkalkbrüche bei Limmer.



a Tonig-sandige Ablagerung; b Asphaltkalkbank; c Tonige Zwischenlagerung; d Asphaltkalkbank; e Tonige Schichten (grünlich-grau); f Asphaltkalkerde.

Geruch; Gesteinsspalten und Hohlräume, sowie die das Gestein erfüllenden Koniferenschalen sind von dickflüssigem, zähen Erdpech erfüllt, welches durch die Wirkung der Sonnenstrahlen dünnflüssiger wird und ausfließt, wodurch eine sukzessive Bleichung des Gesteins eintritt.

Ähnlich wie im Elsaß, ist auch hier eine Verwerfung der Schichten zu beobachten, welche auf gewaltige Umwälzungen hinweist; und gerade diese Störungen sind es vorzugsweise, welche eine reiche Imprägnierung mit Asphalt kennzeichnen. Fig. 14 zeigt das Profil durch die vormals Hennigschen Asphaltkalkbrüche bei Limmer. Wie die miozänen Kalke des Elsaß besitzen auch die oolithischen Kalksteine von Limmer eine große Attraktionsfähigkeit und nehmen mit Leichtigkeit große Mengen von Petroleum auf.

Nach Strippelmann erklärt sich die Asphaltanhäufung bei Limmer auf eine durchaus einfache Weise, wenn man berücksichtigt, daß die den weißen Jura unterteufenden Schichten des Lias bis zum Keuper und des Dogger nachweislich großen Reichtum von Erdöl auf sekundärer Lagerstätte aufweisen (so bei Sehnde, Linden usw.), daß diese Ansammlungen wahrscheinlich aber aus tieferen

[1]) l. c. S. 100.

Schichten kommen und, von der Ursprungslagerstätte des Petroleums ausgehend, Nachschübe teils in gasförmigem, teils in tropfbar flüssigem Zustande, welche nach oben drängten, erhielten; es ist ja eine bekannte und vielfach beobachtete Erscheinung, daß das aus der Tiefe emporsteigende Erdöl die Hohlräume der fossilen Reste ausfüllte, deren Schalensubstanz durch gleichzeitig mit aufsteigendes kohlensäurehaltiges Wasser zerstört wurde, während die flüchtigen Anteile des Petroleums durch dieses letztere hinweggeführt wurden; unterstützt wurde dieser Vorgang durch die hohe Spannung, in welcher sich diese Gase und Flüssigkeiten jedenfalls befunden haben.

Was die Lagerungsverhältnisse des Asphaltvorkommens in Limmer anbelangt, so ist es augenscheinlich, daß auch hier durch gewaltige Kraftäußerungen weit verzweigte und tief niedergehende Spalten erzeugt wurden, welche dem Erdöl erst Gelegenheit boten, in höhere Regionen vorzudringen. Bohrversuche, die im Liegenden der Pterocerasschichten ausgeführt, aber nicht über die Kimmeridgeschichten fortgeführt wurden, ergaben durchweg einen gleichmäßigen Gehalt des Kalksteins, sowie des durchteuften Tons an Asphalt und Erdpech.

Die Ausbeutung dieses Asphaltsteinlagers findet durch verschiedene Gesellschaften statt, unter denen die Rock-Asphalt-Company Limmer und Vorwohle (vorm. Hennig u. Egesstorff) und die „Deutsche Aktiengesellschaft der Limmer- und Vorwohle-Asphaltgruben" die bedeutendsten sind. Sie geschieht zum Teil in einfachem Steinbruchbetrieb bei einer Mächtigkeit des Abraums von 24 bis 30 Fuß und des abbauwürdigen Gesteins von 30 bis 40 Fuß. Dabei werden die Wasser durch eingebaute Stollen bis zu einem gewissen Horizont abgezogen und der Asphalt auf steigender Fahrbahn mit Pferdebetrieb zur Verladungsstelle gebracht; zum Teil erfolgt der Abbau in kombinierten höhligen Stollen, wobei das Material durch Schachtbetrieb zutage gefördert wird. Das geförderte Quantum an Asphaltstein beträgt jährlich:

	Limmer	Vorwohle
Englische Gesellschaft . . .	16 500	1500 Tons
Deutsche " . . .	5 000	7500 "

doch sind die Einrichtungen derart getroffen, daß dieses Quantum jederzeit erhöht werden kann.

Über die italienischen Asphaltlager bringt die „Chemiker-Ztg." [1]) eine Mitteilung, der wir folgendes entnehmen:

„Asphaltlager, d. h. Lager von mit Bitumen getränktem Kalksteine, sind an vielen Punkten Italiens aufgeschlossen und auch im Abbau begriffen. Hauptsächlich sind es vier Gegenden, welche einer besonderen Aufmerksamkeit wert sind: 1. die Provinz Chieti in den Abruzzen; 2. der südliche Kirchenstaat; 3. die Provinz Salerno und endlich 4. die Provinz Syrakus.

„In den Abruzzen findet sich der Asphaltstein im Liegenden der schwefelführenden Schichten und tritt an verschiedenen Orten in oft weiter Ausdehnung zu Tage. Bei Lettomanoppello und Roccamorice lassen sich die bituminösen

[1]) 1885, S. 907 u. 941.

Kalksteine in einer Ausdehnung von etwa 5 km deutlich erkennen. Andere Fundorte sind San Liberatore und Manoppello mit der Grube Fonticelli, dem einzigen Punkte in ganz Italien, wo der Asphalt regelmäßig gelagert zu sein scheint. Alle übrigen Vorkommen zeigen eine durchaus unregelmäßige Lagerung. Das Grundgestein der Asphalte in den Abruzzen ist ein von zahlreichen Spalten und Rissen durchsetzter Foraminiferenkalk, der wegen seines großen Gehaltes an organischen Resten mehr oder weniger porös erscheint. Infolge der wechselnden Porosität ist das Gestein auch nicht gleichmäßig von Bitumen durchdrungen, und mit dem bloßen Auge schon läßt sich der Unterschied an der helleren oder dunkleren Färbung erkennen. Unter der Lupe kann man deutlich sehen, daß das Bitumen wohl die feinsten Haarspalten erfüllt, daß es das unversehrte Gestein aber nur bis zu geringer Tiefe imprägniert hat. In anscheinend gleichmäßig gefärbten Stücken zeigen sich dann noch immer Punkte, in denen das Bitumen gänzlich fehlt.

„Bisher hat man in den Abruzzen den Asphalt nur durch Tagebau gewonnen; binnen kurzem aber wird man wohl überall zu Stollen- oder Schachtbau schreiten müssen, und es ist die Frage, ob sich dann die Förderung überhaupt noch lohnen wird.“

Im südlichen Teil des ehemaligen Kirchenstaates und im Norden der Provinz Caserta sind die Asphaltlager in nicht unbeträchtlicher Anzahl um den erloschenen Vulkan Pofi gruppiert und werden zum Teil, wenn auch mit wenig Energie, ausgebeutet. Die Lagerung entspricht im wesentlichen dem über den Abruzzenasphalt Gesagten, und die wichtigeren Lagerstätten sind Filettino, Bauco, Alatri, Monte San Giovanni, Castro und Colle San Magno.

Der Asphalt des Kirchenstaates ist im allgemeinen mager, d. h. er enthält selten mehr als 7 Proz. Bitumen, wenn man von ausgelesenen Stücken absieht. Besonders rein ist das Gestein von Colle San Magno, kann aber infolge der hohen Gestehungskosten die Konkurrenz mit anderen italienischen Asphaltsteinen nicht bestehen.

Die wichtigste Fundstätte für Asphaltstein in Italien ist zweifellos Ragusa, etwa 20 km von der Südküste Siziliens entfernt, an einem Hange seitlich des Flüßchens Irminio, das sich bei Mazarelli ins Meer ergießt. Man unterscheidet dort hauptsächlich zwei Arten Asphaltstein: den braunen, welcher arm an Bitumen ist (etwa 3 bis 7 Proz.) und den schwarzen, welcher im Mittel etwa 15 Proz. Bitumen enthält. Das Gestein ist durchsetzt mit zahlreichen petrifizierten Resten von stengeliger Form und wahrscheinlich pflanzlicher Natur. Verfasser, welcher Gelegenheit hatte, große Mengen desselben zu verarbeiten, fand darin nicht selten wohlerhaltene Zähne der verschiedensten Größe, einzeln eingebettet und wahrscheinlich einer Haifischart angehörig. Das Material gehört mit zu den gesuchtesten für Stampfasphaltarbeiten und macht auf dem europäischen Kontinent dem aus anderen renommierten Gruben erfolgreich Konkurrenz.

Von geringerer Bedeutung als Fundort ist die dalmatische Insel Brazza gegenüber Spalato. In einem gelblichweißen jüngeren Kalkstein befinden sich

etwa 20 Minuten vom Meere entfernt Parallelschichten von 3 bis 4 m Mächtigkeit, welche ein dolomitisches, bituminöses Gestein darstellen, wohl das einzige Vorkommen des Asphalts in Dolomit, welches bis jetzt beobachtet worden ist. Das Gestein ist von brauner Farbe, besitzt wenig glänzenden Bruch und zeigt, namentlich auf frischer Bruchfläche, einen starken Erdölgeruch. Es besitzt die Härte des Kalksteins, läßt sich leicht pulvern und das gelblichgraue Pulver backt leicht zusammen.

Über das bituminöse Gestein vom Nullaberg in Schweden berichtet A. E. Törnebohm[1]). Dasselbe enthält bis gegen 11 Proz. bituminöse Stoffe und kommt in einer hellgrauen und einer dunkelbraunen Varietät vor. In beiden ist Feldspat, welcher sich unter dem Mikroskop als Mikroklin erweist, der vorwiegende Bestandteil, und man nennt deswegen das Gestein Mikroklinfels. Der helle Mikroklinfels ist von matter helltoniger Farbe, etwas faserig, mitunter deutlich schiefrig. In der Gesteinsmasse sind Kügelchen oder Klümpchen von Huminit (einer steinkohlenähnlichen bituminösen Masse) unregelmäßig verteilt. Die Huminitklümpchen können Erbsengröße erreichen, sind aber zuweilen auch mikroskopisch klein. Härte 3; beim Schleifen nehmen sie leicht Politur an. Der dunkle Mikroklinfels unterscheidet sich von dem hellen wesentlich dadurch, daß er auch noch von einer anderen bituminösen Substanz vollständig durchtränkt ist; auch erreichen in demselben die Huminitkügelchen sogar die Größe einer Haselnuß.

In geologischer Beziehung erweist sich der Mikroklinfels als ein untergeordnetes Glied der Granulitformation der dortigen Gegend. Recht interessante Resultate lieferte das Studium der Dünnschliffe; es geht daraus hervor, daß der Huminit als im Gestein primär und folglich als schon zur archäischen Zeit gebildet aufgefaßt werden muß, während der andere bituminöse Bestandteil erst später in das poröse Gestein als ein Bergteer eingedrungen sein kann, also auch entschieden bedeutend jünger ist als die mineralischen Gemengteile des Gesteins, und als Analogon der bituminösen Bildungen in manchen Pegmatitgängen aufzufassen ist.

Die in Vorstehendem ausführlicher besprochenen Fundstätten des bituminösen Gesteins und reinen Asphalts sind nicht die einzigen, die man kennt; an vielen anderen Orten der Erde werden solche angetroffen und teilweise auch ausgebeutet; indessen sind die angeführten die für die Technik wichtigsten oder in wissenschaftlicher Beziehung interessantesten, so daß wir von der Aufzählung weiterer Vorkommen um so eher absehen können, als in den vorstehenden Ausführungen schon alles das enthalten ist, was für die Ansichten über die Entstehung des Asphalts in der Natur einen Anhaltspunkt bieten kann.

---

[1]) Jahrb. f. Mineralogie 1888, 2, 1.

Drittes Kapitel.

Ansichten über die Entstehung der Bitumina und des Asphalts.

Wie wir bereits eingangs gesehen haben, unterscheidet man die natürlichen Bitumina in folgende drei Klassen:

I. Flüssige: Steinöl oder Naphta, Erdöl oder Petroleum.
II. Zähflüssige: Bergteer oder Malthe.
III. Feste: Erdpech oder Asphalt.

Alle drei Kategorien stehen unter sich in einer nahen genetischen Beziehung, so zwar, daß das flüssige Bitumen das ursprüngliche Produkt gewesen ist, aus dem die beiden anderen infolge gewisser Veränderungen, über deren Ursache die Meinungen noch auseinander gehen, der Reihe nach hervorgegangen sind. In kleiner Menge findet man es noch in fast allen Bergteeren und Asphalten vor und kann es durch Erwärmen daraus entfernen. Umgekehrt findet sich überall da, wo Erdöl aus dem Boden gewonnen wird, Asphalt oder wenigstens Bergteer, und fast alle Petroleumbrunnen oder Erdölquellen sind deshalb durch das Vorhandensein des Bergteers nahe an der Oberfläche entdeckt worden. Diese Tatsachen, im Verein mit einer Reihe exakter, wissenschaftlicher Beobachtungen und technischer Erfahrungen, lassen keinen Zweifel darüber, daß wir uns den Bergteer und den ihm nahe verwandten Asphalt in der Tat als aus Petroleum entstanden zu denken haben, eine Annahme, die heute auch von niemand mehr ernstlich bestritten wird. Wenn wir uns daher eine Vorstellung über die Bildung des Asphalts machen wollen, so müssen wir die Ansichten kennen lernen, welche die Gelehrten im Laufe der Zeit über die Entstehung des Erdöls gewonnen haben. Wir folgen dabei im wesentlichen der trefflichen Darstellung, welche Engler und Kast [1]) über diesen Gegenstand gegeben haben.

Es ist bemerkenswert, daß, trotzdem das Petroleum und die natürlichen Bitumina im allgemeinen schon seit frühester Zeit (Ägypter, Babylonier;

---

[1]) Muspratts Enzyklop. Handb. der techn. Chemie von Stohmann und Kerl, 6, 2118 u. f. Braunschweig 1898.

Diodor, Posidonius, Plinius, Lukianos, Strabo, Herodot usw.) bekannt sind, Ansichten über die Entstehung derselben, außer der naiven biblischen Erzählung vom Untergang der Städte Sodom und Gomorrha durch einen Regen von Pech und Schwefel, doch erst seit der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts geäußert worden sind. Diese Hypothesen lassen sich in zwei Kategorien klassifizieren, und zwar in solche, welche von anorganischen, und solche, welche von organischen Stoffen ausgehen, seien diese nun pflanzlicher oder tierischer Natur, oder beides zugleich.

Die Hypothese von der anorganischen Abstammung des Erdöls ist heute wohl fast gänzlich verlassen, und wir führen die verschiedenen Ansichten hier nur der Vollständigkeit halber an. Schon Joh. Nep. von Fuchs[1]) nahm an, daß sämtliche Kohlen und bituminösen Stoffe auf der Erde nicht von Organismen, sondern von überschüssiger Kohlensäure herstammen. Wir können heute nicht mehr begreifen, wie ein so ausgezeichneter Gelehrter in den großen Irrtum verfallen konnte, diese beiden Klassen von Mineralien ein und derselben Abstammung zuzuteilen, und dies um so weniger, als die Steinkohle sich unmittelbar als das Produkt der Anhäufung von Pflanzenresten ausweist, die ihre äußere Gestalt, sowie teilweise ihren inneren Bau vollkommen erhalten haben. Berthelot[2]) denkt sich die Bildung des Erdöls durch Einwirkung von Kohlensäure auf Alkalimetalle im Inneren der Erde bei sehr hoher Temperatur, während Byasson[3]) annimmt, daß durch gleichzeitige Einwirkung von Wasserdampf (herrührend aus ins Innere der Erde eingedrungenem Meerwasser) und Kohlensäure auf weißglühendes Eisen und Schwefeleisen die Bildung erfolgt ist. Die Führerrolle behauptete für längere Zeit Mendelejeffs[4]) geistreiche Hypothese, welche davon ausgeht, daß durch die beim Heben der Gebirgsmassen entstehenden Risse und Spalten Wasser ins Innere der Erde eingedrungen ist und dort unter hohem Druck und bei hoher Temperatur auf flüssiges Eisen und Metallkarbide unter Bildung von Kohlenwasserstoffen und Metalloxyden einwirkte. Die Kohlenwasserstoffe sollen dann dampfförmig aufgestiegen sein und im überlagernden kälteren Gestein sich verdichtet haben. In der Tat ist es ihm und auch Cloëz[5]) gelungen, durch Einwirkung von überhitztem Wasserdampf auf kohlenstoffhaltiges Eisen oder Mangan Kohlenwasserstoffe darzustellen. Indessen wird man sich doch die Möglichkeit des Eindringens von Wasser oder Wasserdampf ins Erdinnere bei der stetig zunehmenden Temperatur nur schwer vorzustellen vermögen und sich dem Einwurf Zalozieckis nicht verschließen können, daß die vorausgesetzten Risse und Spalten in der Erdkruste sich doch nur soweit erstrecken konnten, als das Erdinnere noch fest war. Unvereinbar mit der Mendelejeffschen Hypothese ist es aber auch, daß sich das Petroleum in vulkanischen Gesteinen nur ganz vereinzelt vorfindet und, daß namentlich in archäischen Gesteinen, in denen sich doch das von unten emporbestillierende Petroleum

[1]) Über die Theorie der Erde. 1837 bis 1840. — [2]) Compt. rend. 122, 1462. — [3]) Ebend. 73, 609. — [4]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1877, S. 229. — [5]) Jahresber. d. Chem. 1878, S. 1196.

zuerst niedergeschlagen haben müßte, solches bislang noch nicht angetroffen worden ist; denn das auf S. 42 erwähnte Vorkommen eines Bergteers in den archäischen Gesteinen am Nullaberg bedarf erst noch weiterer Aufklärung. Abich [1]), welcher der Anschauung Mendelejeffs beigetreten ist, hat dieselbe in einer scharfsinnigen Arbeit auf die Erklärung des kaukasischen Erdölvorkommens übertragen.

Für die Richtigkeit dieser Hypothese sind auch von anderer Seite Beweise beigebracht worden. So weist Le Bel [2]) darauf hin, daß er im Rohöl von Tschunguelsk (Krim), sowie im Bitumen von Lobsann organisch gebundenes Silizium gefunden habe, eine Tatsache, die sich nur mit den Mendelejeffschen Grundanschauungen vereinbaren ließe. S. Meunier [3]) hat eine Reihe von Gesteinen, die sämtlich reich an organischen Resten tierischen und pflanzlichen Ursprungs sind und insgesamt als bituminös bezeichnet werden und bei der Destillation Mineralöle von wechselnder Zusammensetzung ergeben, mit Schwefelkohlenstoff auf Asphalt geprüft, und zwar mit negativem Resultat. Er schließt daraus, daß der Asphalt sich erst in größeren Tiefen bilden dürfte, und zwar als das Produkt rein organischer Verbindungen, namentlich der zwischen Metallkarbiden und Wasser eintretenden Zersetzung im Sinne Mendelejeffs. Es ist aber darauf hinzuweisen, daß alle die Gesteine, die Meunier untersucht hat, mit den hier in Frage kommenden bituminösen Stoffen gar nichts gemein haben; sie enthalten eben kein Bitumen in unserem Sinne, oder wenn sie es früher einmal enthalten haben sollten, so ist es im Laufe der Zeit durch einen Umwandlungsprozeß so verändert worden, daß es heute unlöslich ist. Strippelmann [4]) führt als weiteren Beweis die Asphaltgänge von Castro, am Fuße der Litoralkette und Colle San Marco in den Abruzzen, sowie bei Bentheim an, wo wir dem Bitumen auf Fundstellen begegnen, welche geologisch nur dadurch eine Erklärung über ihre Bildung zulassen, daß wir uns das in den Spalten angesammelte Bitumen, ebenso wie das auf Lavageoden und auf Absonderungsflächen vorhistorischer Tuffablagerungen vorhandene, auf anorganischem Wege, der Hauptsache nach Mendelejeffs Anschauungen folgend, entstanden denken. Aber abgesehen davon, daß es vorerst wohl nicht angängig ist, den sogen. Bentheimer Asphalt, der erst bei der Destillation, ähnlich wie die bituminösen Schiefer, Bitumen liefert, also vielleicht ganz anderen Ursprungs ist, als die hier in Frage kommenden wirklichen Bitumina, in Parallele zu ziehen, so lassen sich die Fälle, in denen asphalt- oder petroleumartige Körper in spärlicher Menge auch in vulkanischen Gesteinen vorkommen, doch noch in anderer Weise deuten.

So hat O. Silvestri [5]) aus der der vorgeschichtlichen Zeit angehörigen Lava vom südöstlichen Fuß des Ätna eine bei 17° butterartige Substanz abgeschieden, welche in Blasenräumen zu durchschnittlich 1 Proz. vorkommt und bei der Destillation zwei Paraffine von 52 bis 57° C Schmelzpunkt einen

[1]) Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1879, Bd. 29. — [2]) Bull. soc. chim. 50, 359. — [3]) Compt. rend. 123, 1327. — [4]) Dingl. Polyt. Journ. 250, 216. — [5]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 10, 293.

petroleumähnlichen Kohlenwasserstoff vom Siedepunkt 80 bis 430° neben geringen Mengen eines asphaltartigen Rückstandes liefert. Die Masse enthält außerdem etwa 4 Proz. Schwefel, welcher sich aus den Ölen beim Erkalten kristallinisch ausscheidet. Zur Erklärung dieses merkwürdigen Einschlusses nimmt Silvestri an, daß die heiße, flüssige Lava über organische Gebilde wegfließend, diese einer Art trockenen Destillation aussetzte und die Destillationsprodukte sich in dem mehr erkalteten, zähen, oberen Teil des Lavastromes blasenweise ansammelten.

Mit Recht weisen aber auch Engler und Kast darauf hin, daß das aus so großer Tiefe hervorquellende Öl, wie sie die Mendelejeffsche Hypothese voraussetzt, eine sehr hohe Temperatur besitzen, eine Temperatnr, die weit über der des oberflächlichen Erdbodens liegen müßte, während sie dieselbe in allen bis jetzt beobachteten Fällen nur um 2 bis 3° übersteigt. Sie folgern daraus, daß der Herd der Petroleumbildung in viel geringerer Tiefe liegen müsse und daß selbst, wenn man annehmen wollte, daß das Öl durch lange Lagerung in Spalten und Klüften nach und nach die Temperatur seiner Umgebung angenommen hätte, doch beim Anbohren der Schichten das bereits abgekühlte Öl bald durch aus größerer Tiefe aufsteigendes heißeres Öl verdrängt werden müßte. Unseres Wissens ist bis jetzt aber erst ein einziger Fall, und zwar in allerneuester Zeit [1]) in Kolumbien, nahe dem Iquanafluß, beobachtet worden, bei dem das Öl mit auffallend höherer Temperatur (100° F) als der Boden sie besitzt, der Erde entquillt. Dieser Umstand wird aber voraussichtlich mit anderen Zufälligkeiten zusammenhängen, und es dürfte somit auch hier die Ausnahme nur die Regel bestätigen.

Piedboeuf [2]) macht geltend, daß, da die Mendelejeffsche Hypothese eine Destillation des Erdöls aus tieferen in höhere Schichten voraussetzt, diese eine fraktionierende Wirkung auf die in ihren Siedepunkten so außerordentlich verschiedenen Petroleumkohlenwasserstoffe hätte ausüben müssen, so daß sich die schwerer flüchtigen in größerer Tiefe, die leichtsiedenden dagegen in höher gelegenen Schichten finden müßten. Diese Tatsache trifft aber bekanntlich eher im umgekehrten Sinne zu. Auch der Nachweis von Amin- und Pyridinbasen im elsässischen, russischen, galizischen und amerikanischen Erdöl und solchem aus den Korallenriffen des Roten Meeres durch St. Claire Deville [3]), Kraemer [4]), Markownikow [5]), Zaloziecki [6]), Engler [7]) und Garvey [8]) spricht gegen die Hypothese Mendelejeffs; dieser Gehalt an stickstoffhaltigen Substanzen steht sicher in genetischem Zusammenhang mit organischen Stoffen und gibt den Anschauungen, wonach die Bildung des Erdöls aus solchen erfolgt ist, die größte Wahrscheinlichkeit.

F. C. Phillips [9]) endlich sucht Mendelejeffs Hypothese zu ent-

[1]) Chem. Ind. 1901, S. 653. — [2]) Vergl. Höfer, Das Erdöl und seine Verwandten, S. 105. — [3]) Compt. rend. 66, 442; 68, 485; 69, 1007. — [4]) Verh. des Ver. z. Bef. des Gewerbefl. in Preußen 1885, S. 291. — [5]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 16, 1874. — [6]) Monatsh. f. Chem. 1892, S. 498. — [7]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 21, 1816. — [8]) Inaug.-Dissert., Heidelberg 1896. — [9]) Proc. Amer. Philos. Soc. 36, 93, 103, 112 u. 116.

kräften, indem er betont, daß nach Moissan nur wenige Metalle überhaupt Karbide bilden können, daß diese sämtlich solche von geringer spezifischer Schwere sind und daß man, wenn dieselben als Erzeuger des Naturgases angesehen werden sollten, annehmen müßte, daß sie in Tiefen vorkämen, in denen nach bisheriger Annahme nur die Schwermetalle existieren können. Im Naturgas, das aus einem Bohrloch von 2900 Fuß Tiefe in Ontario gewonnen wurde, war weder Wasserstoff, noch Azetylen, noch Kohlenoxyd vorhanden, und ähnlich negative Resultate ergab pennsylvanisches Gas. Nun gibt aber Eisenkarbid, das nach Mendelejeff die Bildung von Gas verursachen soll, bei der Zersetzung in erster Linie Wasserstoff. Dieses Element muß sich dann aber auch unbedingt in frisch angebohrtem Gas nachweisen lassen, selbst wenn es zum größten Teil im Laufe der Zeit durch Diffusion verschwunden sein sollte. Es könne daher keine Theorie zur Entstehung des Naturgases akzeptiert werden, die die Gegenwart von Wasserstoff verlange, solange solcher nicht in frisch ausströmendem Gas nachgewiesen sei. Die Zusammensetzung des Gases zeige, daß dasselbe bei verhältnismäßig geringer Temperatur entstanden und aufgespeichert sein muß, da seine Bestandteile sich über 500° dissoziieren. Dagegen enthält Petroleum Kohlenwasserstoffe, die auf eine hohe Entstehungstemperatur hindeuten, was bei allen Hypothesen über seine Bildungsweise zu beachten sei.

Eine ähnliche Theorie über die Entstehung des Erdöls wie Mendelejeff gibt noch in allerjüngster Zeit Moissan[1]). Er glaubt, daß der ganze Kohlenstoff in der Erde ursprünglich in Form von Karbiden vorhanden war, und daß mit zunehmender Abkühlung sich Wasser kondensierte, welches teilweise bei hoher Temperatur und unter hohem Druck die Karbide unter Bildung flüssiger Kohlenwasserstoffe zersetzte. Er fügt hinzu, daß dies natürlich nicht der einzige Weg ist, auf dem das Erdöl entstanden ist, denn gewisse Bestandteile desselben sind unzweifelhaft organischen Ursprungs, aber er glaubt, daß seine Theorie für gewisse Fälle immerhin annehmbar ist.

P. Sabatier und J. B. Senderens[2]) endlich haben verschiedene Varietäten des natürlichen Erdöls mit ihren charakteristischen Eigenschaften auf synthetischem Wege aus Azetylen und Wasserstoff dargestellt und damit einen weiteren Betrag zu dieser Frage geliefert. Sie sind der Meinung, daß das natürliche Erdöl entstanden sein kann aus Wasserstoff und Azetylen, welche ihre Entstehung der Einwirkung von Wasser auf Alkali- oder Alkalierdmetalle und Karbide verdanken und mit glühenden Metallen, wie Nickel, Kobalt oder Eisen, zusammengetroffen sind, dabei je nach ihrem Mischungsverhältnis und der herrschenden Temperatur entweder ausschließlich Paraffine oder ein Gemisch derselben mit cyklischen Kohlenwasserstoffen bildend. Sie folgern dies aus einer Reihe von Experimenten, deren Resultate die folgenden sind.

Die Flüssigkeit, welche neben Äthan entsteht, wenn Wasserstoff und Azetylen über reduziertes Nickel bei einer Temperatur unter 180° geleitet werden,

---

[1]) Zeitschr. f. Elektrochemie 1902, 8 [3], 48. — [2]) Compt. rend. **134**, [21], 1185.

besteht meistens nur aus Paraffinkohlenwasserstoffen, welche in bezug auf ihre Dampfdichte, Siedepunkte und anderen physikalischen Eigenschaften dem amerikanischen Petroleum sehr nahe stehen. Reines Azetylen, über reduziertes Nickel geleitet, liefert nach Moissan und Moureu in der Weißglut freien Kohlenstoff, Wasserstoff und Benzolkohlenwasserstoffe; verdampft man aber die hierbei entstehende Flüssigkeit und treibt die Dämpfe über reduziertes Nickel bei 180°, so erhält man ein Gemisch von Paraffin und Cyklohexanderivaten in den flüssigen Anteilen des Reaktionsprodukts, welche in ihren Eigenschaften mit dem kaukasischen Petroleum übereinstimmen. Wird hierbei die Temperatur über 300° gesteigert, so zerfallen die Cyklohexanderivate teilweise, und das flüssige Reaktionsprodukt zeigt ganz die Eigenschaften des galizischen Erdöls.

Eine andere Erklärung der Bildung des Erdöls auf anorganischem Wege hat Roß[1]) zu geben versucht, indem er die Einwirkung vulkanischer Gase auf glühenden Kalkstein zu Hilfe nimmt und folgende Gleichungen aufstellt:

$$2\,CaCO_3 + 2\,SO_2 + 4\,H_2S = 2\,(CaSO_4 + H_2O) + 4\,S + C_2H_4$$
$$CaCO_3 + SO_2 + 3\,H_2S = (CaSO_4 + H_2O) + 3\,S + CH_4$$
$$CaCO_3 + H_2S + 2\,H_2O = (CaSO_4 + H_2O) + CH_4$$
$$2\,CaCO_3 + 2\,H_2S + 2\,H_2O = 2\,(CaSO_4 + H_2O) + C_2H_4$$
$$3\,CaCO_3 + 3\,H_2S + 3\,H_2O = 3\,(CaSO_4 + H_2O) + C_3H_6$$
$$4\,CaCO_3 + 4\,H_2S + 4\,H_2O = 4\,(CaSO_4 + H_2O) + C_4H_8$$
$$5\,CaCO_3 + 5\,H_2S + 5\,H_2O = 5\,(CaSO_4 + H_2O) + C_5H_{10}$$

usw.

Sokoloff[2]) sieht in der Entstehung des Erdöls einen rein kosmischen Vorgang. Kohlenstoff und Wasserstoff, welche ursprünglich im Weltall nur als Elemente vorhanden gewesen sind, traten in verhältnismäßig frühen Epochen in der Bildung der Erde zu Kohlenwasserstoffen zusammen, welche sich in dem noch zähflüssigen Magma unseres Planeten auflösten und sich bei der späteren Abkühlung in den oberen Schichten wieder ausschieden. Eine scheinbare Stütze findet diese Hypothese in der Tatsache, daß sowohl freier Wasserstoff als auch Kohlenwasserstoffe in den Meteoriten nachgewiesen worden sind, und deren Vorhandensein auf den Kometen durch spektroskopische Untersuchungen wahrscheinlich gemacht wird.

Die älteren Hypothesen auf anorganischer Grundlage gehen der Sache weniger auf den Grund. Nach Bianconi und d'Halloy[3]) steht das Vorkommen von Erdölquellen, Salzquellen und die Entwickelung von brennbaren Gasen in der Natur in einem Zusammenhang, welchen man durch die Annahme zu erklären versucht hat, daß in der Tiefe Lager von Steinsalz vorhanden sind, welches nach den bekannten Beobachtungen von Dumas, H. Rose und Rob. Bunsen oft Kohlenwasserstoff (Methan) in komprimiertem Zustande enthält,

---

[1]) Chem. News 64, 191. — [2]) Chem.-Ztg. 1892, S. 843. — [3]) O. d'Halloy, Précis élément. de Geologie, 678, zitiert nach Wagner, Hand- und Lehrbuch der Technologie, 5, 436. Leipzig 1864.

daß dieses Steinsalz von unterirdischen Wässern gelöst, dabei das Gas frei gemacht wird und nun teils als solches zur Ausströmung gelangt, teils infolge starker Kompression in kondensiertem Zustande als Naphta ausfließt. Derselben Ansicht scheinen sich auch Virlet[1]) und Naumann[2]) zuzuneigen, und R. Wagner[3]) führt aus, daß die Bildung von homologen Kohlenwasserstoffen und Paraffinen aus Methan durch Kompression allerdings möglich sei und verweist auf die gleiche Assoziation von Petroleum, Steinsalz und brennbaren Gasen, welche sich bei allen Petroleumlagerstätten wiederfindet, besonders auf den im Gebiete der großen nordamerikanischen Salzformation, wo die meisten Bohrbrunnen mit der Salzsole Kohlenwasserstoffgase in reichlicher Menge und viele derselben auch Petroleum liefern.

R. Wagner erinnert ferner daran, daß sich beim Auflösen von gewissen Gußeisensorten in Salzsäure oder verdünnter Schwefelsäure bisweilen auf der Oberfläche der Flüssigkeit Öltröpfchen bilden, welche aus flüssigen Kohlenwasserstoffen bestehen und einen, dem Petroleum ähnlichen Geruch besitzen, ohne indessen weitere Kombinationen anzuknüpfen.

Verhältnismäßig am ältesten ist die Anschauung, daß die Bitumina aus pflanzlichen Resten entstanden sind, und die in dieser Richtung aufgestellten Hypothesen, deren erste wohl von v. Beroldingen um die Mitte des 18. Jahrhunderts begründet worden ist, haben noch bis in die neueste Zeit zahlreiche Anhänger aufzuweisen gehabt. Als Ausgangsmaterial betrachtet man abgestorbene Land- und Seepflanzen, oder Torf-, Braunkohlen- und Steinkohlenlager. Die eine Richtung nimmt dabei eine durch die Erdwärme oder lokale Feuerherde eingeleitete Art der trockenen Destillation[4]) an, ähnlich wie wir sie künstlich bei der Kokerei oder Teerschwelerei ausführen, deren flüchtige Produkte sich in dem überlagernden Gestein verdichtet und in Hohlräumen als Flüssigkeit angesammelt haben. Derartige Ansichten äußerten bereits Biney, der den Torf, Walter, welcher die Braunkohle und Hochstetter, welcher die Steinkohle als Ausgangsmaterial für die Bildung des Erdöls betrachtet[5]). Wall und Krüger[6]) dagegen glauben in der Holzsubstanz selbst den Rohstoff erblicken zu sollen, und Daubrée[7]) hat durch Einwirkung von überhitztem Wasserdampf auf Holz Kohlenwasserstoffe erhalten, welche ganz den Geruch des Pechelbronner Erdöls zeigten. Auch Peckham[8]) führt die Entstehung der meisten bituminösen Stoffe auf eine Destillation pflanzlicher Reste zurück, wobei die Erhöhung der Temperatur im wesentlichen auf die Tiefe, in der diese Reste abgelagert sind, also der Temperaturzunahme nach dem Erdinneren hin zugeschrieben wird. Nicht mit Unrecht macht aber schon R. Wagner[9]) darauf aufmerksam, daß nach den bisherigen Erfahrungen über die Temperaturzunahme nach dem Inneren der Erde, Mineralkohlenlager, welche in einer Tiefe von ungefähr 8000 Fuß liegen, der Siedetemperatur des

[1]) Bull. soc. geol. 4, 206. — [2]) Lehrb. d. chem. u. phys. Geol., Bd. II, Abtl. 3, S. 1752. — [3]) Hand- u. Lehrb. d. Technologie 5, 436. Leipzig 1864. — [4]) Vgl. Gerhardt, Lehrb. d. organ. Chemie, übers. v. Wagner, 4, 441. — [5]) Vgl. Muspratts Enzykl., Handb. d. techn. Chemie 6, 2121. — [6]) Ebend. — [7]) Chem. Ind. 1895, S. 2. — [8]) Sill. Am. Journ. [3] 28, 105. — [9]) loc. cit. S. 437.

Wassers ausgesetzt sein würden. Bei einer solchen Temperatur könnte allenfalls fertig gebildetes Petroleum aus jenen Schichten destillieren und sich in den höheren Schichten verdichten; zur Bildung des Erdöls durch trockene Destillation wäre jedoch eine viel höhere Temperatur erforderlich, die einer Tiefe der Schichten entsprechen würde, die nicht wohl vorausgesetzt werden kann. Auch G. Kraemer[1]) findet, daß selbst so niedrige Temperaturen, wie sie die Holzverkohlung in Anspruch nimmt, etwa 400°, dabei nicht vorgewaltet haben können, da sonst vorwiegend nur sauerstoffhaltige Stoffe, wie die Holzteeröle gebildet worden wären, die gerade im Erdöl fast völlig fehlen. Dem muß, wie C. Engler[2]) mit Recht ausführt, hinzugefügt werden, daß es unter Berücksichtigung der Zusammensetzung der vegetabilischen Substanz, seien es frische, abgestorbene oder schon verkohlte Pflanzenteile, als gänzlich ausgeschlossen betrachtet werden muß, daß sich aus derselben durch irgend welchen Prozeß Kohlenwasserstofföle bilden könnten, ohne daß ein beträchtlicher kohlenstoffreicher, koksartiger Rückstand hinterbliebe. Die Geologie hat aber derartige kohlenstoffreiche Rückstände, auch wo sie sich vereinzelt finden — z. B. die natürlichen Kokslager in dem Clyde-Kohlenlager bei Glasgow, in Japan und bei Sonora[3]) in Mexiko — nie mit Petroleumfundstätten in Verbindung bringen können. Wenn nun auch Newberry[4]) sagt, daß er in den tieferen Schichten des Erdölvorkommens von Kolorado häufig Graphit gefunden habe, den er als Zersetzungsrückstand betrachtet, so sind dies doch so geringe Mengen, daß an einen Destillationsrückstand pflanzlicher oder tierischer Stoffe nicht gedacht werden kann, und außerdem weist schon die graphitische Natur dieses Rückstandes darauf hin, daß er einer lokalen Zersetzung fertig gebildeter Kohlenwasserstoffe bei sehr hoher Temperatur seine Entstehung verdankt.

Ein anderer Teil der Vertreter der vegetabilischen Hypothese nimmt von der Annahme eines Destillationsprozesses wenigstens für die Bildung des Petroleums Abstand. So sagt z. B. Quenstedt[5]): „Die Ölablagerungen stehen einerseits so innig mit den Stein- und Braunkohlen des Flözgebirges in Beziehung, daß an einem Zusammenhang mit denselben gar nicht gezweifelt werden kann: sie sind Öl und Harz der Pflanzen, an welchen feurige Prozesse nicht den geringsten Anteil haben. Entschieden tierischen Ursprungs ist das Steinöl viel seltener. Doch findet man, z. B. mitten in den bituminösen Kalken des mittleren Lias, Muschelkalk usw. in rings abgeschlossenen Drusen homogener Bänke beim Zerschlagen schwarze, teerige Überzüge, die, wenn nicht durch bituminöse Tagewässer hingeführt, wohl tierischen Ursprungs sein könnten. Andererseits hat sich das Öl, Teer und Pech in manchen Gegenden (Trinidad, Kuba, Baku) in solchen Massen angehäuft, daß man die Sache nicht recht begreiflich finden könnte, wenn nicht Destillationsprozesse im Inneren der Erde dazu mitgewirkt hätten." Und an einer anderen Stelle[6]): „Bitumen nannten die Alten Asphalt und Steinöl, das in Sedi-

[1]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1887, S. 595. — [2]) Chem. Ind. 1895, S. 3. — [3]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1900, S. 48. — [4]) School of mines 1889, p. 97. — [5]) Handb. d. Mineralogie, 2. Aufl., S. 752. — [6]) Epochen der Natur, 2. Ausg., S. 194.

mentärgesteinen seinen Ursprung verwesten Pflanzen und Tieren verdankt, und im wesentlichen aus Kohlenwasserstoffen besteht." Über den Chemismus der Petroleumbildung aus diesen verwesten Pflanzen und Tieren erfährt man freilich nichts.

Auf Grund des geologischen Befundes der Hauptöldistrikte Nordamerikas, welche eine Entstehung des Erdöls aus Landpflanzen als völlig ausgeschlossen erscheinen lassen, sind die amerikanischen Geologen dieser Richtung der Ansicht, daß Anhäufungen von Seepflanzen, namentlich Fukusarten, das ursprüngliche Rohmaterial für das Erdöl geliefert haben, und devonischer Fukoidenschiefer findet sich besonders am Ufer des Erisees, wo er zwischen dem Koniferenkalk und der eigentlichen Ölzone liegt. Auch Lesquereux ist der Meinung, daß das pennsylvanische Petroleum aus marinen Algen entstanden ist, welche unter dem Meerwasser, aus dem die das Öl begleitenden Solen stammen, Gase und bituminöse Stoffe lieferten, die von Gebirgsschichten überdeckt, das Erdöl gebildet haben. Schon früher hatte R. Wagner[1]) geäußert, daß, da das Grubengas ein Produkt sowohl der trockenen Destillation als auch der freiwilligen Zersetzung pflanzlicher und tierischer Stoffe unter Mitwirkung des Wassers sei, die Bildung des Erdöls aus derartigem Gas par excellence angenommen werden kann. Im Vorkommen von fertig gebildetem Paraffin in Torfmooren, von paraffinähnlichen Körpern, wie Fichtelit, im fossilen Holz vermutet er einen Zusammenhang mit dieser Frage. Dieselbe Ansicht vertritt auch Peckham[2]) für die Bildung der Asphaltlager auf der Insel Trinidad; nach ihm sind dieselben aus der tropisch üppigen Vegetation jener Insel entstanden, welche zuerst in Braunkohle umgewandelt worden sei, aus welcher dann durch eine Art Fermentation oder Destillation bei sehr niedriger Temperatur unter dem Einfluß warmer Quellen das Erdpech entstanden ist. Lang glaubt indessen, daß hierzu noch mindestens die Anhäufung von Fetten oder Harzen angenommen werden müsse, die ja auch vegetabilischen Ursprungs sein können.

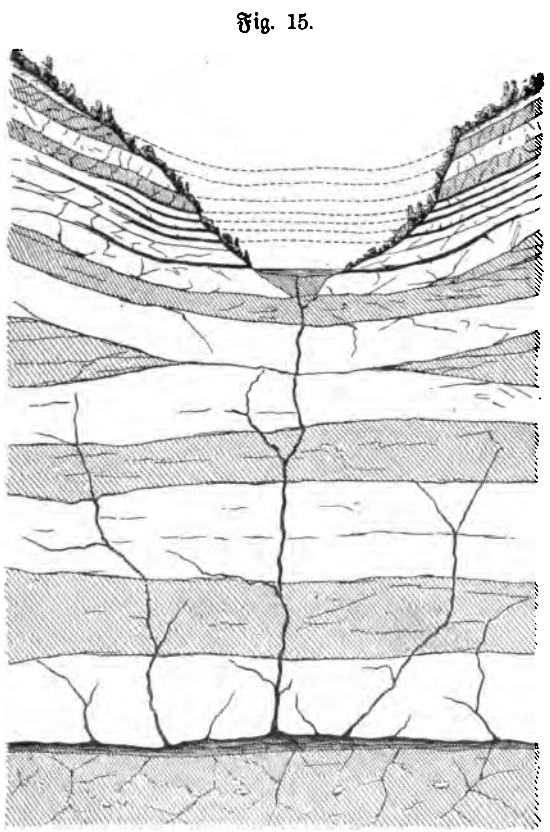
Für den marinen Charakter der erdölliefernden Pflanzenreste tritt auch Newberry[3]) ein, indem er den Bitumengehalt verschiedener alter Schichten in Nordamerika, speziell der petroleumliefernden, auf Algen zurückführt; Orton dagegen glaubt, daß nur die Anhäufungen von Sporangien der Algen und Lycopodiaceen als bitumenliefernd anzusehen seien, eine Ansicht, der auch von Hunt[4]) beigepflichtet wird. Indessen weist Höfer[5]) darauf hin, daß echte Fukoiden sich nicht allein in den pennsylvanischen Ölregionen, sondern auch in den Karpathen finden, an letzterem Orte aber so spärlich, daß sie unmöglich als Ausgangsmaterial für das galizische Erdöl gelten können; sie finden sich auch in manchen anderen Sandsteinschichten, ohne daß dieselben bituminös oder gar ölführend wären. Außerdem wäre aber bei einer allmählichen Veränderung der Algen unter Luftabschluß neben der Bildung des Erdöls eine Abscheidung von Kohle zu erwarten, wogegen sich in den pennsylvanischen

[1]) loc. cit., S. 438. — [2]) Vgl. Lang, Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1895, S. 667. Chem.-Ztg. 1896, Rep., S. 10. — [3]) N. Y. acad. Ann. 2, 357. — [4]) Jahresber. d. Chem. 1871. — [5]) Das Erdöl, S. 109.

Öldistrikten weder in noch unter den ölführenden Schichten Kohlenlager finden, welche bei dem außerordentlichen Ölreichtum doch von beträchtlichem Umfang sein müßten.

Für die Translokation des auf diese Weise gebildeten Petroleums aus tieferen in höhere Schichten wird dann weiter angenommen, daß diese durch eine langsame Destillation infolge der Erdwärme erfolgt sei, wie dies z. B. noch Kahlmorgen[1]) für den Asphalt von Peru voraussetzen zu müssen glaubt, welcher nach ihm nicht durch eine Infiltration aus dem Nebengestein, sondern durch Destillation in den sich zum Emporsteigen bietenden Klüften und Gangspalten zutage getreten ist. Auch Delano[2]) vertritt diese Anschauung und setzt dabei eine intensive natürliche Hitze voraus, wobei das Bitumen zum Teil die in jener Periode noch weichen, porösen Schichten von Kalkstein förmlich imprägniert hat. Kam dann in irgend einer Talschrunde oder Senkung noch die korrodierende Gewalt des Wassers hinzu, wie beispielsweise im Rhonetal bei Seyssel, so wurden die imprägnierten Schichten bloßgelegt und traten zutage, wie dies durch Fig. 15 und 16 sehr anschaulich dargestellt wird. Aber schon Nöggerath[3]) widerspricht dem unter Hinweis auf die Tatsache, daß dann das austretende Öl wenigstens eine höhere Temperatur zeigen müßte, als der Boden, aus dem es quillt, ein Einwand, der von R. Wagner abfällig kritisiert worden ist. Nach Nöggerath erfolgt die Hebung des Erdöls durch das in den Spalten vorhandene, auf-

Fig. 15.

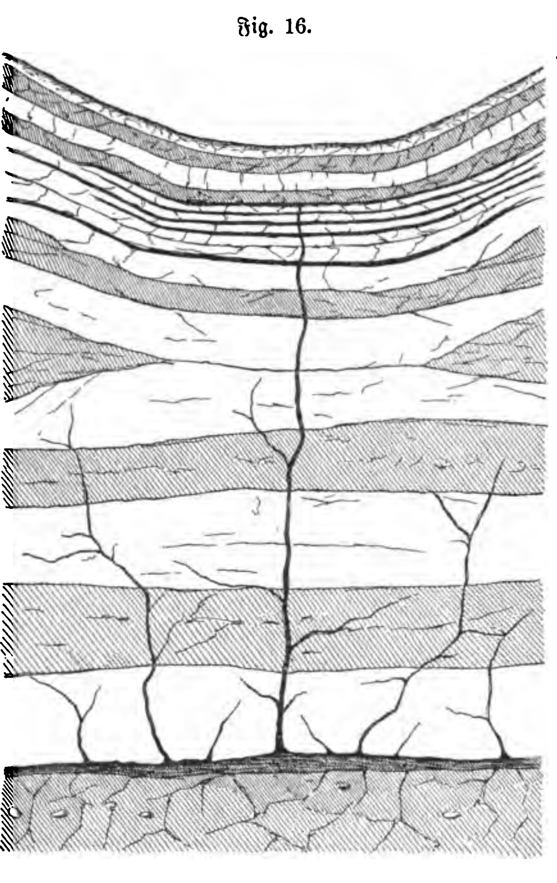


[1]) Berg- u. Hüttenm. Ztg. 1891, S. 253. — [2]) Twenty Years Practical Experience of Natural Asphalt and Mineral Bitumen. London and New York 1893, p. 6. — [3]) Wagner, Hand- u. Lehrb. d. Technol. 5, 43?.

steigende Quellwasser, das zusammen mit dem Öl in die Bohrlöcher gelangt und infolge des hydrostatischen Drucks an die Oberfläche befördert wird.

Nöggerath[1]) u. a., welche in den Steinkohlen und den Lagern von bituminösen Schiefern das Rohmaterial zur Erdölbildung erblicken, meinen, daß es einfach die Schwere der großen auflastenden Massen, bzw. der dadurch erzeugte immense Druck ist, welcher das Erdöl aus den Kohlen oder Schiefern auszupressen und in die vorhandenen Spalten zu drücken vermag von wo es dann in der erwähnten Weise durch Quellwasser gehoben wird. Auch G. Kraemer[2]) ist (1887) der Meinung, daß man kaum anders könne, als dem hohen Druck die eigentliche Tätigkeit bei der Erdölbildung zuzuschreiben, und vertritt die Ansicht, daß die Entstehung des Erdöls mit der Gebirgsbildung zusammenfalle. Nach seiner Ansicht begegnet die Annahme, daß der Rohstoff für das Erdöl vorwiegend der dem Pflanzenreich angehörenden Lebewelt früherer geologischer Epochen entstammt, kaum noch irgend welchem Widerspruch, nur über den Umwandlungsprozeß selbst sind die Meinungen noch geteilt. Aus seinen, in Gemeinschaft mit Böttcher ausgeführten Untersuchungen ergibt sich, daß Unterschiede in dem Charakter der Kohlenwasserstoffe des Erdöls und der Braun- und Steinkohlenteeröle nicht vorhanden sind; sie liegen nur in dem Mischungsverhältnis der indifferenten und differenten Kohlenwasserstoffe und der diese beiden Gruppen wieder bildenden Paraffine und Naphtene einerseits, und der kondensierten Benzol- und Naphtenabkömmlinge andererseits. Daß die letzteren aus den ersteren entstehen durch Druck oder erhöhte Tempe-

Fig. 16.



---

[1]) loc. cit. — [2]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1887, S. 595.

ratur, ist längst bekannt, anders aber steht die Frage, ob auch die Naphten- und Paraffinbildung auf verschiedene Temperatur- und Druckverhältnisse zurückzuführen ist. Die Häufung der differenten Kohlenwasserstoffe, die, wie man weiß, hoher Temperatur nicht widerstehen, spricht dafür, daß diese ausgeschlossen war, wenigstens im ersten Bildungsstadium des Petroleums. Auch der fast völlige Mangel sauerstoffhaltiger Verbindungen im Erdöl spricht dafür, daß selbst so niedrige Temperaturen, wie z. B. bei der Holzverkohlung, also etwa 400°, bei der Entstehung des Erdöls gar nicht in Frage kommen können, weil sonst vorwiegend sauerstoffhaltige Stoffe, wie die Holzteeröle, gebildet worden sein müßten. (Vgl. S. 50.)

Nach R. Zuber[1]) sind die meisten Erdöllagerstätten primär: nur ganz lokal und selten konnte das Erdöl aus seiner ursprünglichen Lagerstätte in benachbarte poröse und zerklüftete Gesteine gelangen; doch ist insofern eine Lagerungsveränderung fast immer zu bemerken, daß der erste, ölbildende Vorgang höchstwahrscheinlich größtenteils in Tonen und Schiefern stattfand, wogegen das fertige Produkt sich naturgemäß in den dazwischen gelagerten Sandsteinen ansammeln mußte. Alle fossilen Kohlenwasserstoffe sind organischen Ursprungs, wobei pflanzliche und tierische Stoffe in gleichem Maßstabe beteiligt sein konnten. Die chemische Hauptreaktion bei der Umwandlung derselben konnte zum Teil eine Zersetzung der tierischen und pflanzlichen Fette nach Abscheidung der Eiweißstoffe durch Fäulnis in denselben, oder aber in noch größerem Maßstab eine faulige Gärung der Zellulose sein. Die Gegenwart von Meersalzen hat einesteils konservierend, anderenteils so eingewirkt, daß dabei vorwiegend feste und flüssige Kohlenwasserstoffe (Erdwachs und Erdöl) gebildet wurden, wogegen bei Gegenwart von heißem Wasser hauptsächlich Gase und Kohlenflöze entstehen konnten. Vom geologischen Standpunkt aus scheint es, daß besonders tiefere, ruhige, litorale Meerbusen, wo aus irgend einem Grunde größere Ansammlungen von organischen Stoffen verschiedenster Abstammung mit sofortiger Verschüttung durch Sedimente stattfinden konnten, für die Ölbildung die günstigsten Bedingungen dargeboten haben. Diese gleichen genetischen Umstände würden auch die auffallende Faziesähnlichkeit der verschiedenen Petroleumformationen bedingen.

Stahl[2]) war der erste, der, zunächst aus geologischen Gründen, die Ansicht vertrat, daß das Petroleum aus der organischen Substanz der „mikroskopischen Pflanzentiere", der Diatomeen, entstanden sei. Das Verdienst jedoch, diese Hypothese vom Ursprung des Petroleums durch experimentelle Grundlagen gefestigt zu haben, gebührt G. Kraemer und A. Spilker, welche durch ihre Arbeiten über das Algenwachs[3]) einen Zusammenhang zwischen diesem und ähnlichen in der Natur in Mooren, Torfen und Schwelkohlen (Pyropissit) in wechselnden Mengen sehr verbreiteten Substanzen mit großer Sicherheit nachgewiesen haben. C. Engler[4]) hat die Anschauungen Kraemers lebhaft bekämpft, namentlich so lange dieser auf dem Standpunkte verharrte, daß eine

[1]) Zeitschr. f. Geologie 1898, S. 84. Wagners Jahresber. 1898, S. 18. — [2]) Chem.-Ztg. 1899, I, S. 144. — [3]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1899, S. 2940; 1902, S. 1212. — [4]) Ebend. 1900, S. 7.

Süßwasserflora in Binnenseen das Rohmaterial für die Erdölbildung abgegeben habe und dabei stets wie schon früher, ausdrücklich betont, daß nur Fettreste marinen Ursprungs hier in Frage kommen können. Auf Grund seiner in Gemeinschaft mit Spilker ausgeführten Untersuchungen über das Algenwachs hat Kraemer neuerdings seine Anschauungen dahin modifiziert, daß er die Fettreste einer Meeresflora für die Bildung des Erdöls in Anspruch nimmt, sich also in diesem Punkte einerseits auf den Boden Stahls und andererseits Englers stellt. Während sonach letzterer als fetterzeugende Lebewesen in der Hauptsache auf Grund chemischer und geologischer Erwägungen eine marine Fauna annehmen zu müssen glaubt, will Kraemer dieser neben dem Diatomeenfett und Algenwachs nur eine untergeordnete Bedeutung bei der Bildung des Erdöls zuerkennen.

Kraemer und Spilker haben nun, um über die Verbreitung dieses Wachses einen Anhalt zu gewinnen, eine große Anzahl von Mooren, Torfen und Schwelkohlen mit Benzol, bzw. Toluol in der Wärme ausgezogen und nicht nur die dabei erhaltenen Mengen Wachs, sondern in einigen von ihnen auch den Schwefel- und Stickstoffgehalt bestimmt. Ferner sind alle diese Stoffe nach den darin enthaltenen Kieselalgen mikroskopisch durchforscht worden, wobei sich herausstellte, daß die Zahl derselben keineswegs mit dem Wachsgehalt in Einklang zu bringen war, dieser sich vielmehr als unabhängig von jenen herausstellte. Die erhaltenen Zahlen sind die folgenden:

	Rohwachs in 100 Tln. Trockensubstanz	Stickstoff in 100 Tln. Trockensubstanz	Schwefel in 100 Tln. Wachs
Ludwigshofener Seeschlick	3,0	3,0	0,97
Franzensbader Moor	4,1	1,02	10,50
Aiblinger Moor	7,5	1,30	0,19
Kolber Moor:			
a) oberste Schicht	6,7	—	—
b) etwa 1 m tiefere Schicht	7,8	—	—
c) " " " "	7,0	—	—
d) " " " "	8,1	—	—
Ferlenbacher Moor	5,5	0,95	—
Haspelmoor	1,7	1,50	—
Torf aus den Gruben bei Kochel	4,8	—	—
Oldenburger Moor	3,8	—	0,40
Lüneburger Torfstreu	2,8	0,9	—
Torf von Arcine bei Salzwedel:			
a) obere Schicht	1,2	—	—
b) tiefere "	1,3	—	—
Gelber Pyropissit Gerstewitz	25,0	—	—
Brauner " "	11,6	—	1,20
Paraffinkohle von Pömmelte	9,7	—	—
Märkische Feuerbraunkohle	1,4	—	—

Somit zeigen die eigentlichen Moore, welche vorwiegend aus Resten unter Wasser lebender Organismen zusammengesetzt sind, wenn auch innerhalb weiter Grenzen schwankend, den größten Wachsgehalt. In den Torfen ist er im Durchschnitt jedenfalls geringer als in den Mooren, und in diesen nimmt der Gehalt nach der Tiefe hin zu. Schwefel findet sich, wenn auch in außerordentlich wechselnden Mengen, in jeder der untersuchten Wachsarten, und seine Gegenwart ist auf die oxydierende Wirkung der Schwefelbakterien zurückzuführen, welche, gleichfalls marinen Ursprungs, die Algenvegetation stets zu begleiten scheinen. Der Stickstoffgehalt hängt wohl in erster Linie von der Anzahl der in dem Moor vorkommenden Kieselalgen ab, da diese in ihren Haarröhrchen das Protoplasma, wie es der Ludwigshofener Schlick zeigt, unendlich lange unzersetzt erhalten können.

Da aber die Kieselalgen nur in manchen Mooren bis zu wenigstens 20 Prozent aufgefunden wurden, in anderen dagegen weit zurücktreten oder fehlen, und in Torfen und Schwelkohlen überhaupt nicht nachgewiesen werden konnten, so kann das Wachs unmöglich nur der Tätigkeit dieser Algen seine Entstehung verdanken. Dagegen ist es bekannt, daß auch eine beträchtliche Anzahl grüner Algen als Wachsbildner anzusprechen sind. Außer den Ulotrichaceen und Phyllosphoniaceen [1]) sind es besonders die Vaucheriaceen, welche in ihren Zellen zahlreiche Öltröpfchen erkennen lassen; nach Borodin [2]) sollen sie die Fähigkeit haben, je nach der Belichtung bald Öltropfen, bald Stärkekörner zu erzeugen, ja sogar die einen in die anderen übergehen zu lassen. Somit darf angenommen werden, daß das in den Mooren und den übrigen noch genannten Naturprodukten vorkommende Wachs sicher auch der Tätigkeit dieser Algen zuzuschreiben ist. Da nun das Wachs allem Anschein nach von unbegrenzter Dauer ist, die Zellwände der grünen Algen dagegen vergänglicher Natur sind, so ist die Möglichkeit nicht ausgeschlossen, daß unter besonderen Vegetationsbedingungen recht wohl eine Anhäufung größerer Wachsmassen, wie sie z. B. im Pyropissit vorliegt, dadurch verursacht werden kann. Das durch viele Jahrtausende hindurch von den nacheinander wachsenden Algen erzeugte Wachs würde erhalten bleiben, während das übrige verwest. Wenn man also das Vorkommen des Wachses in allen den aufgezählten Naturprodukten auf die gleiche Ursache zurückführen darf, so kann es nicht auffallen, daß das durch Extraktion mit Benzol daraus erhaltene Rohwachs trotz verschiedener Herkunft so überaus verwandter Natur ist, wie Kraemer und Spilker bei der Destillation desselben unter verschiedenen Bedingungen, sowie der chemischen Untersuchung überhaupt, konstatieren konnten.

Die letztere hat ergeben, daß das Rohwachs neben Schwefel und schwer definierbaren wasserabspaltenden, harzartigen Begleitern lediglich nur aus hochmolekularen einsäurigen Estern und deren freien Säuren besteht, und daß namentlich irgend welche Spuren von Glyzeriden nicht aufzufinden waren. Die in der Luftleere destillierten und aus Benzin umkristallisierten Säuren er-

---

[1]) Engler-Prantl, Natürliche Pflanzenfamilien I, Abtl. 2. — [2]) Botan. Ztg. 1878, S. 497.

gaben folgende Befunde bei der Bestimmung des Schmelzpunktes und der Elementaranalyse:

	Schmelzpunkt	C	H
a) Säure aus Seeschlick	78 bis 78,5°	78,75; 78,75	12,85; 12,73
b) „ „ Oldenburger Moor	74°	77,64; 77,91	12,62; 12,72
c) „ „ Pyropissit	81 bis 82°	78,26; 78,21	12,84; 12,77

Dagegen verlangen:

	Schmelzpunkt	C	H
Arachinsäure	75°	75,92	12,82
Behensäure	73 bis 78°	77,65	12,94
Liguocerinsäure	80,5°	78,62	13,03

Da die erhaltenen Zahlen sehr annähernd auf eine dieser drei Säuren stimmen, liegt also wahrscheinlich ein Gemisch derselben, vielleicht noch mit mehreren höheren Homologen in den Rohwachsen vor. Dafür spricht auch der Umstand, daß bei den partiellen Fällungen der Säuren auch solche mit weit höherem Schmelzpunkt als 80° gefunden wurden, und daß Hell[1]) in dem neuerdings nach einem Verfahren von E. von Boyen aus der Schwertkohle durch Extraktion hergestellten Montanwachs als wesentlichen Bestandteil die Geocerinsäure von der Formel $C_{29}H_{58}O_2$ mit dem Schmelzpunkt 83 bis 84° abgeschieden hat.

Die Alkohole, welche bei der Verseifung neben den Fettsäuren abgeschieden wurden, sind eine bei 76 bis 76,5° schmelzende, wachsartige Masse, welche bei der Analyse folgende Zahlen ergeben:

	I	II	$C_{20}H_{42}O$	$C_{22}H_{46}O$
Kohlenstoff	80,60	80,99	80,54	80,98
Wasserstoff	13,85	13,87	14,10	14,11

Ohne Zweifel entsprechen diese Zahlen einem alkoholartigen Körper von 20 bis 22 Atomen Kohlenstoff, der aller Wahrscheinlichkeit nach gleichfalls aus einem Gemisch verschiedener Homologen besteht. Vermutlich wird sich die Verschiedenheit in den Rohwachsen darin zeigen, daß in denjenigen, welche aus den Torfen und Schwelkohlen stammen, mehr von den erwähnten harzartigen Resten enthalten sind, so daß reines Baccilariaceenwachs wahrscheinlich ganz frei davon ist.

Von größtem Interesse sind die Resultate, welche Kraemer und Spilker bei der Destillation der Rohwachse unter normalem, vermindertem und erhöhtem Luftdruck erzielt haben, und die immer die gleichen Spaltungsprodukte

[1]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1900, S. 556.

ergaben. Im ersten Fall verläuft der Zerfall ganz ähnlich wie bei der Destillation unter stark vermehrtem Druck, während im luftverdünnten Raum unter Hinterlassung einer kohle- und schwefelhaltigen, asphaltartigen Masse ein wachsähnliches Destillat erhalten wird, das bei ferneren Destillationen keinen asphaltartigen Rückstand mehr hinterläßt. Die Destillation des Rohwachses, einerlei, ob sie bei gewöhnlichem oder stark vermindertem Luftdruck stattfindet, wird zunächst durch starkes Schäumen des Retorteninhalts eingeleitet unter Entbindung von Kohlensäure, Schwefelwasserstoff, Kohlenoxyd und etwas saurem Wasser. Dann erfolgt, wenn unter Atmosphärendruck weiter erhitzt wird, und man das Destillationsgefäß reichlich bemessen hat, eine tiefgehende Spaltung, wobei ganz regelmäßig Methan, Olefine und Kohlensäure entweichen, während in der Vorlage sich eine beim Erkalten halbflüssige, aus Erdölkohlenwasserstoffen bestehende Masse ansammelt. Destilliert man dagegen bei starker Druckverminderung, so wird diese zweite Spaltung nahezu vermieden; man erhält in der Vorlage eine gelbweiße, wachsartige Masse, die nach dem Abpressen, Umschmelzen mit Benzin und abermaligem scharfen Pressen einen Schmelzpunkt von 74 bis 78° zeigt.

Das bei der anfänglichen Zersetzung auftretende Wasser enthält Essigsäure und die homologen flüchtigen Fettsäuren; dieser Befund erinnert an die Spaltung von gewöhnlichem Koniferenharz in der Wärme, und es ist daher sehr wahrscheinlich, daß in dem Rohwachs derartige, leicht zersetzliche, undestillierbare Substanzen enthalten sind, die man als Ausscheidungsprodukte höher organisierter, mariner Gewächse ansehen darf.

Damit sind die bei der Druckdestillation der verschiedenen Wachsarten von Kraemer und Spilker beobachteten Erscheinungen auch leicht in Einklang zu bringen, denn das Estermolekül kann unter Kohlensäure- und Methanabspaltung ebensowohl zu Paraffinen und Olefinen führen, wie unter Bildung von Naphtenen zum Ringschluß. Läßt man die Annahme der Autoren, daß die Erdöllager in erster Linie dem Algenwachs zu danken sind, als richtig bestehen, so wird man dazu geführt, die außerordentlich große Verschiedenheit, die man an den Erdölen wahrnimmt, nicht zum geringen Teil der wechselnden Beschaffenheit des Ausgangsmaterials, dem Rohwachs, zuzuschreiben; die bei der Umwandlung des letzteren zum Erdöl wirksam gewesenen dynamischen Vorgänge, Druck und Wärme, taten dann das übrige.

Es ist vor allem der Schwefelgehalt, dem Kraemer und Spilker eine entscheidende Rolle dabei zuschreiben; er fehlt in keinem Rohwachs und wird auch, wie bekannt, im Erdöl in den allerverschiedensten Mengen angetroffen. Seine Wirkung auf Kohlenwasserstoffe ist die bekannte: es entstehen unter Schwefelwasserstoffentbindung Sulfide von Kohlenwasserstoffen, die sich den Erdölkohlenwasserstoffen beimischen und sie in ihrer physikalischen Beschaffenheit stark verändern. Ein wichtiges Bindeglied zwischen Erdöl und Algenwachs ist das Erdwachs, das, wenn auch vereinzelt vorkommend, in nächster Nachbarschaft des Erdöls, ja oft mit diesem zugleich gefunden wird. Nun ist es Kraemer und Spilker gelungen, genau die gleichen charakteristischen Spaltungsprodukte, wenn auch in anderem Mengenverhältnis, bei der trockenen

Destillation des Erdwachses nachzuweisen, wie sie bei Seeschlickwachs und anderen Algenwachsen auftreten, sowie auch durch tagelanges Kochen mit alkoholischem Kali geringe Mengen verseifbarer Substanzen darin aufzufinden.

Dieser Nachweis, verbunden mit dem Auftreten von Wasser und Kohlensäure und dem Gehalt an Schwefel, scheint darauf hinzuweisen, daß das Erdwachs ein Durchgangsprodukt vom Algenwachs zum Erdöl bildet, da die für dasselbe typischen Bestandteile, Harz und Ester, noch in dem Erdwachs, wenn auch in minimalen Mengen, auffindbar sind[1]).

Aus diesen Ergebnissen ziehen Kraemer und Spilker den Schluß, daß das Algenwachs für die Entstehung des Erdöls wohl in erster Linie in Frage kommen muß, wenngleich sie auch die Möglichkeit, daß auch tierisches Fett bei diesem Vorgang beteiligt gewesen ist, nicht bestreiten wollen; ihr stehen jedoch nach ihrer Meinung der ständige Schwefelgehalt und das äußerst seltene Auftreten von Stickstoffverbindungen im Erdöl im Wege. Besonders einleuchtend dünkt ihnen aber die Annahme der Erdölentstehung aus Algenwachs, sobald man sich vor Augen führt, daß solche Massenansammlungen davon, wie sie zur Erklärung für die Entstehung der mächtigen Erdöllager nötig sind, selbst noch heute vorkommen.

Kraemer und Spilker berechnen, daß in den etwa 300 Quadratmeilen bedeckenden Mooren und Torflagern Deutschlands, in den zahlreichen Flözen von Schwelkohlen, welchen die sächsisch-thüringische Braunkohlenindustrie ihr Dasein verdankt, Wachsmengen enthalten sind, welche noch so reichhaltigen Erdöllagern das Gleichgewicht halten. In einem einzigen, nur wenig mächtigen Flöz einer bei Magdeburg belegenen Grube sind nach ihren Berechnungen 600 Millionen Kilogramm Wachs enthalten, und die alljährlich verschwelten Kohlen des Weißenfelser Beckens entsprechen unter der Annahme eines gleichen Gehalts ungefähr 20 Millionen Kilogramm Wachs. Diese Zahlen geben uns einen Begriff von der enormen Bedeutung der wachserzeugenden Tätigkeit der niederen Pflanzenwelt.

Die Abwesenheit von Kohle in den Erdöllagern schließt es aus, daß Braunkohlenflöze und Torflager jemals zur Bildung von Petroleum den Anlaß gegeben haben; sie sind vielmehr als die Reste der auf dem Algenschlamm sich aufbauenden Vegetation von Gewächsen höherer Ordnung anzusehen, aber wir müssen uns denken, daß es Bedingungen gegeben hat, unter denen diese mächtigen, Wachs erzeugenden Algenwucherungen Generationen auf Generationen unter Wasser fortvegetieren konnten, wobei ihr Zellengerüst verging, das Wachs aber unzersetzt erhalten blieb. Im Pyropissit z. B. liegt ein Material vor, das solchen Vorgängen seine Existenz verdankt. Das von Kraemer und Spilker untersuchte Material von 25 Proz. Wachsgehalt enthielt neben 4,45 Proz. Wasser 72,13 Proz. verbrennbare Substanz und 23,42 Proz. Glührückstand, welcher annähernd dieselbe Zusammensetzung zeigt, wie Ludwigshofener Schlickrückstand:

---

[1]) Die Ansicht, daß das Erdwachs ein solches Durchgangsprodukt sei, wurde zuerst von Zaloziecki (Dingl. polyt. Journ. 280, 86) vertreten.

	Glührückstand vom Pyropissit	Ludwigshofener Schlickrückstand
Kieselsäure	72,90 Proz.	76,3 Proz.
Tonerde	10,70 „	8,0 „
Kalk	10,82 „	7,6 „

Der Rest besteht aus Kohlensäure und Eisenoxyd.

Man darf daher annehmen, daß solche Bedingungen überall da gegeben sind, wo der Vegetation der grünen Algen eine nicht minder mächtige der Kieselalgen vorangegangen ist, was durch die Ergebnisse der Tiefseeforschung in gewissen Breiten der arktischen und antarktischen Meere bestätigt wird, deren Boden man ausschließlich von Kieselalgen bedeckt fand und dessen Gehalt an organischer Materie keinem Zweifel unterliegt.

Zur Stütze dieser Ausführungen führen Kraemer und Spilker Chuns[1]) Bericht über die Ergebnisse der Valdiviaexpedition an, worin dieser Forscher berichtet, daß die Massenerzeugung dieser Kieselalgen mit dem Heraufkommen der Sonne beginnt und dann so gewaltige Dimensionen annimmt, daß diese Organismen gleichsam wie ein Regen in die Tiefe hinabrieseln. Die niedrige Temperatur, verbunden mit der Lichtlosigkeit in den unteren Meeresschichten und demzufolge das Aufhören jedes tierischen Lebens in denselben, bedinge die teilweise Erhaltung der organischen Substanz, so daß man noch 1000 m unter der Meeresoberfläche Diatomeen habe finden können, welche wie lebend aussahen und bei denen nur die veränderte Gruppierung der Chromatophoren auf das Abgestorbensein hindeutete.

Auf Grund dieser Beobachtungen läßt sich nun die Massenanhäufung wachserzeugender Algen, wie sie die in größter Mächtigkeit auftretenden Erdöllagerstätten zu ihrer Bildung erfordern, ohne Schwierigkeiten begründen. Auf die reichhaltigen Lager von Baccilariaceen, sobald sie durch das Zurücktreten des Wassers oder aus anderen Ursachen der Oberfläche näher gebracht werden, können sich nunmehr nicht minder gewaltige Wucherungen grüner, wachserzeugender Algen aufbauen. Dieser Vorgang konnte sich nur in den lang einschneidenden Meeresbuchten abspielen, die sich heute meist als Seitentäler der Gebirgszüge darstellen, welche einstmals diese Meere als Ufer umschlossen haben. Noch heute sind diese Wucherungen, z. B. in den Haffen der Ostsee und in vielen anderen, ähnlichen Bildungen, zu beobachten. So berichtet Chun von der großen Fischbai in Südwestafrika, daß zu gewissen Zeiten eine solche Massenproduktion von meistens einzelligen Algen in ihr stattfände, daß das Oberflächenwasser wie ein grünlicher Brei erscheint. Denkt man sich nun ein Aufeinanderwachsen dieser Wucherungen unter Wasser durch viele Jahrtausende fortgehend, ähnlich wie die Torflager es uns noch heute zeigen, so sind die Bedingungen für das Entstehen des zum Erdöl führenden Rohmaterials gegeben. Es braucht jetzt nur die rechtzeitige, vor Eintritt der Vertorfung anzu-

[1]) Carl Chun, Aus den Tiefen des Weltmeeres.

nehmende Überlagerung dieser Algenwachslager durch den Detritus der Gebirge angenommen zu werden, und das Rätsel, wie das Erdöl entstanden ist, wäre gelöst. Dieser Vorgang kann sich recht wohl in zwei Phasen abgespielt haben, deren erste unter Abspaltung von Kohlensäure und Grubengas zu dem Erdwachs und deren zweite zu dem Erdöl führte. Das Erdwachs ist an den wenigen Stellen, wo es vorkommt, durch den Gebirgsdruck in die Deckschicht getrieben, während das Erdöl von den Sandschichten des ehemaligen Meeresbodens abgesaugt ist.

Auf diese Weise fänden nicht allein die in der Nachbarschaft der Erdöllagerstätten auftretenden Gasbrunnen ihre natürliche Erklärung, sondern man verstände auch, warum weder in den Deckschichten der Erdöllager, noch in der Gangart der Wachsgruben Kieselpanzer angetroffen werden, eine Tatsache, die von den Gegnern der Hypothese vom pflanzlichen Ursprung des Erdöls gegen deren Zulässigkeit mit Recht besonders hervorgehoben worden ist. Hinfällig ist es auch nach Kraemer und Spilker, wenn z. B. von Bruhn mit Rücksicht auf das Vorkommen von Pentamethylenen im Erdöl, welche als Spaltungsprodukte der Ölsäure anzusehen sind, auf die Abstammung des Erdöls aus tierischem Fett geschlossen wird, denn ein Blick auf die Zusammensetzung, resp. das Molekul des im Algenwachs vorhandenen Esters genügt, um erkennen zu lassen, daß Spaltungsprodukte jedweder Konstitution denkbar und möglich sind.

Als Hauptgründe, welche für die Richtigkeit ihrer Anschauungen sprechen, führen Kraemer und Spilker die folgenden an:

1. Die Tatsache, daß Ansammlungen des Algenwachses in ausgedehntestem Maße nicht angenommen zu werden brauchen, indem solche noch bis auf den heutigen Tag, wenn auch in anderer Form, als vorhanden nachgewiesen werden können.

2. Die allem Anscheine nach unbegrenzt lange Haltbarkeit des Algenwachses im Gegensatz zu der leichten Entmischung (Ranzigwerden) der meist aus Triglyzeriden bestehenden tierischen Fette.

3. Das Vorkommen von Erdwachs und der Nachweis, daß dasselbe ein Durchgangsprodukt vom Algenwachs zum Erdöl bildet.

4. Der leichte und glatte Zerfall des Algenwachses bei verhältnismäßig niedriger Temperatur in die gleichen gasförmigen, flüssigen und festen Kohlenwasserstoffe, wie sie in und mit dem Erdöl angetroffen werden.

5. Der fast ausnahmslos nachzuweisende Gehalt der Erdöle an Schwefel, dessen Größe offenbar von der Zahl und Tätigkeit der gleichzeitig mit den wachserzeugenden Algen lebenden Schwefelbakterien abhängt, dessen stete Gegenwart bei Annahme von tierischem, meist schwefelfreiem Fett als Rohmaterial für Erdöl nur schwierig erklärt werden kann.

Lange bevor die genannten Autoren mit ihren interessanten Untersuchungen und ihrer geistvollen Erklärung an die Öffentlichkeit getreten waren, schien die Hypothese vom vegetabilischen Ursprung des Petroleums so gut wie verlassen. Dies hatte, wie schon mehrfach hervorgehoben wurde, seinen Grund darin, daß alle diese Erklärungen um deswillen nicht befriedigen konnten, weil sie über den Verbleib eines unvermeidlichen kohligen Zersetzungsrückstandes, der bei dem schier unerschöpflichen Bestand der Petroleumlagerstätten in einzelnen Fällen doch

von enormem Umfang sein müßte, die Antwort schuldig blieben. Durch die Arbeiten von Kraemer und Spilker sind diese Schwierigkeiten aus dem Wege geräumt; sie bestätigen zugleich mit voller Sicherheit, was auch schon früher von Engler, Höfer und vielen anderen Forschern ausgesprochen worden ist, daß das Erdöl mariner Bildung ist.

Unterdessen war die Hypothese vom animalischen Ursprung des Erdöls der vegetabilischen in Spekulation und experimentellen Beweisen weit vorangeeilt und gilt auch noch heute wohl ziemlich allgemein als endgültige Lösung des Problems. Schon Haquet[1]) hatte in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts den animalischen Ursprung des Petroleums behauptet, doch war seine Beweisführung völlig hinfällig. In den dreißiger Jahren des vorigen Jahrhunderts ist dann Leopold v. Buch für die gleiche Idee eingetreten, die auch von Quenstedt[2]) im Hinblick auf den bedeutenden Bitumengehalt der schwäbischen, dem oberen Lias angehörigen Schiefer geteilt wird, der für eine einzige Quadratmeile auf reichlich 200 Millionen Zentner geschätzt werden kann. Nach seiner Meinung muß das Bitumen dieser Schicht der „fettartige Rückstand" der Vermoderung unzähliger Tiere sein, welche einst die Gewässer im Laufe unermeßlicher Zeitfolgen belebten, auf deren Grund sich jene Schieferlager (Ölschiefer) als Bodensätze niederschlugen und die Tierleichen begruben; denn die steinigen Bestandteile der Schiefer sind größtenteils Hülsen von krebsartigen Tieren, Muschelschalen von Weichtieren, Gehäuse von Schnecken, Belemniten usw. Von letzteren enthält eine mehrzöllige Schicht Milliarden kreuz und quer, neben- und übereinander gelagert; Schuppen von Fischen, Wirbel und einzelne Knochen, aber auch ganze Gerippe von Ichthyosauren finden sich seltener, kommen aber in besonders schönen Exemplaren vor. „Da liegen ganze Vorwelten begraben", sagt Volger, „und gleichsam eingesotten in ihrem eigenen Fett." Anschließend sei erwähnt, daß C. Engler und E. Albrecht[3]) im Lias der Juraformation bei Roth-Malsch in Baden zahlreiche Versteinerungen von Ammoniten und Gryphäen gefunden haben, deren Wohnräume mit einem hellgelben bis braunen Öl ausgefüllt sind, welches bei der Untersuchung die größte Ähnlichkeit mit dem Erdöl von Baku aufwies und die charakteristischen Bestandteile der Erdöle, insbesondere Asphalt, Pech und Paraffin, sowie geringe Mengen Stickstoff und Schwefel enthielt.

Fraas betrachtet die in Syrien auftretenden bituminösen Ablagerungen und das Petroleumvorkommen bei Djebel-Zeit als ein Verwesungsprodukt der zahllosen, in der Lagune lebenden Tiere. In gleicher Weise vertrat Bertels die Ansicht, daß das kaukasische Petroleum durch Zersetzung von Mollusken entstanden sei, und Müller nimmt an, daß sich auf dem Grunde früherer Meerbecken zahlreiche Kadaver ansammelten, welche, mit Schlamm bedeckt, allmählich zersetzt wurden und Erdöl bildeten, welches die überlagernden Schichten nach und nach durchdrängte. Meyn[4]) erblickt in den Ölquellen und Asphalt-

[1]) Vgl. Höfer, Österr. Zeitschr. f. Berg- und Hüttenwesen 1895, S. 10. — [2]) Vgl. O. Volger, Der Schiefer und seine Bedeutung für Württemberg. Vortr. im freien deutschen Hochstift zu Frankfurt am Main, S. 5. — [3]) Zeitschr. f. angew. Chemie 1901, S. 913. — [4]) Der Asphalt, Halle 1872, S. 11.

lagern „das einzige Denkmal des Fleisches unermeßlicher Generationen von Tieren der verschiedensten Art“.

Vornehmlich aus geologischen Gründen sprechen sich für die animalische Provenienz des Erdöls noch Whitney, Hunt, Peckham, Orton, Sickenberger und besonders Höfer[1]) aus. Man hat gefunden, daß überall da, wo das Petroleum sich noch auf primärer Lagerstätte befindet, die ölführenden Gesteine fast immer die oberen Sedimentärschichten sind, und daß das Öl in diesen zusammen mit zahlreichen fossilen Resten mariner Tiere vorkommt. In einzelnen Fällen, wie z. B. dem erwähnten Vorkommen bei Roth-Malsch, den Korallenbänken des Roten Meeres, dem Trentonkalk von Peckenham in Kanada und im Dolomit von Kuchelbad bei Prag sind geradezu die Wohnräume der Ammoniten, Gryphäen, Ortho-Ceratiten usw. mit Öl ausgefüllt, und im Verein mit der Tatsache, daß das das Öl begleitende Wasser fast immer sehr hohen Salzgehalt besitzt, sich häufig reich an Magnesiumsalzen erweist und daneben auch brom- und jodhaltig ist, ist nicht mehr zu bezweifeln, daß die Reste, aus denen das Erdöl entstanden ist, marinen Ursprungs sein müssen. Daß es sich dabei aber in der Hauptsache nicht um eine marine Flora handeln kann, ist von Höfer (s. oben) überzeugend klargelegt worden, wie derselbe denn auch auf Grund eingehender, geologischer Untersuchungen bewiesen hat, daß hier lediglich die Überbleibsel einer untergegangenen marinen Tierwelt in Frage kommen können.

Es fragt sich zunächst, auf welche Weise derartige Massenansammlungen von Tierkadavern, wie die Entstehung der Petroleumlagerstätten sie voraussetzt, zu stande gekommen sein können. Während Zincken[2]) und Leuckart[3]) annehmen, daß sich die Leichen der im Meere lebenden Weichtiere und Muscheln, deren Schalen durch die Kohlensäure des Wassers nach und nach aufgelöst wurden, auf dem Meeresgrund ansammelten, verschlammten und sich unter Bildung von Petroleum, welches durch die Erdwärme verflüchtigt und in höhere Regionen geführt wurde, zersetzten, ist Ochsenius[4]) der Meinung, daß in Meeresbuchten mit enger oder versandeter Mündung, in denen sich eine reiche marine Flora und Fauna entwickelte, plötzlich ein Strom von Mutterlauge, aus einem höher gelegenen Salzflöz oder einem benachbarten, abgeschlossenen Becken mit Mutterlaugesalzen stammend, sich ergoß und alles Leben vernichtete. Auf Grund der Beobachtungen, welche von der Tiefseeexpedition des russischen Kanonenbootes „Tschernomoretz“ 1890 im Schwarzen Meere gemacht worden sind, gelangt Andrussow[5]) zu der Überzeugung, daß für das Schwarze Meer wenigstens ein Eindringen von Seewasser in verdünntes, brackisches Wasser als die Ursache der Vernichtung der Meeresfauna anzunehmen ist. Kusnetzow[6]) weist auf eine bedeutende Ansammlung von Fischleichen in der Karbugasbucht am Kaspischen Meere hin, wo sich der Salzgehalt des Wassers infolge starker Verdunstung auf 28° Bé angereichert hat, während das Wasser des Kaspischen

[1]) Die Petroleumindustrie Nordamerikas, 1877, S. 83. — [2]) Geol. Horiz. der foss. Kohlen, 1883, S. 121. — [3]) Höfer, Das Erdöl, S. 117. — [4]) Chem.-Ztg. 1891, S. 936, 1735 u. 1866; 1892, S. 1182; 1896, S. 383. — [5]) Vgl. Jahn, k. k. geol. Reichsanstalt, 1894, S. 361. — [6]) Zeitschr. f. prakt. Geol. 1898, S. 26.

Meeres nur 1,30° Bé zeigt. In diese Bucht ziehen im Frühjahr ganze Schwärme von Fischen, um sofort abzusterben und ein Massengrab zu finden.

Sickenberger[1]) schließt aus seinen Beobachtungen, daß in Meeresbuchten oder abgeschlossenen Meeren unter sehr günstigen klimatischen Verhältnissen sich ein so intensives marines Leben entwickelte, daß die Zahl der Aasfresser nicht mehr hinreichte, um die untersinkenden Tierleichen zu konsumieren. Als klassisches Beispiel einer derartigen Bucht im allergrößten Maßstabe weist er auf das Rote Meer hin mit seinem gegen den Indischen Ozean schmalen und durch zahlreiche Inseln und Untiefen noch mehr verengten Eingang; einzelne Buchten desselben, in denen der Salzgehalt bis 73 pro Mille steigt, zeigen tatsächlich jenen Zustand der Überproduktion und sind mit lebenden Seetieren geradezu überfüllt. Das Meer ist hier an einzelnen Stellen mit einer breiartigen, teerigen, bis 10 cm dicken Schicht bedeckt, welche sich bis zu den Korallenriffen hinzieht und von den in Zersetzung übergegangenen Tierleichen herrührt. Das Auftreten von Schwefelwasserstoff im Wasser jenes Meeres ist ein Produkt dieser Zersetzung. Auch das Tote Meer betrachtet Sickenberger als einen derartigen Herd der Petroleumbildung; aber hier ist die Versalzung schon so weit vorgeschritten, daß das marine Leben seinem Ende nahe ist, während in einer früheren Periode auch hier jene Überproduktion stattgefunden hat, deren Reste in dem dortigen Asphaltvorkommen noch vorliegen.

Umgekehrt erblickt Jones[2]) die Ursache plötzlicher Vernichtung von Seetieren in massenhaften Süßwasserzuflüssen, wie man dies an den indischen Küsten beobachten kann, wo durch die vom Südwestmonsun gebrachten Niederschläge oft Millionen von Fischen zugrunde gehen; eine derartige Beobachtung konnte auch 1872 bei Tobago gemacht werden und Nordenskjöld berichtet das gleiche von der Mündung des Jenisei. Auch Lyell hält die Ansammlung der Saurier und Cephalopoden in den Lyasbecken für ein Analogon der noch in der Gegenwart durch die Schlammfluten des Shebenacadieflusses verursachten Vernichtung zahlreicher Seetiere.

Endlich erklären sich Zaloziecki[3]) und mit ihm zahlreiche andere die Sache durch Meeresströmungen, welche Massen von Tierleichen an ruhige Stellen ehemaliger Küsten geführt und dort abgelagert haben. An günstig gelegenen Küsten wurden diese Leichen immer wieder an derselben Stelle angeschwemmt, mit Sand und Schlamm überdeckt und so der Einwirkung des Sauerstoffes sowohl, wie auch dem Aufzehren seitens der paläozoischen Vorwelt entzogen. In der Tat ziehen sich die größeren Petroleumlager am Vorlande längs den Gebirgszügen hin, und wir haben allen Grund anzunehmen, daß diese in früheren geologischen Epochen mit spärlicherem Vorhandensein von Festland einmal Küstenstriche gewesen sind, so die amerikanischen vor dem appalachischen Gebirge, die kaukasischen zu beiden Seiten des Kaukasus und das karpathische vor dem Nordabhang der Karpathen. Klimatische Verhältnisse

[1]) Chem.-Ztg. 1891, S. 1582. — [2]) Geol. Mag. 1882, S. 533. — [3]) Dingl. polyt. Journ. 280, 5, 1891.

oder ungünstige Ablagerungsbedingungen mögen die Ursache sein, daß nicht an allen Gebirgszügen derartige Anhäufungen stattgefunden haben.

Es fehlt somit nicht an plausibeln Gründen für die Erklärung der Ablagerungen; die Frage nach der Umformung derselben in Petroleum lassen sie freilich noch offen. Diese Frage wurde endgültig erst von C. Engler durch eine Reihe experimenteller Arbeiten [1]) gelöst, die er in den letzten zwanzig Jahren in Gemeinschaft mit einer Anzahl seiner Schüler ausgeführt hat. Konnte auch aus geologischen Gründen kaum mehr ein Zweifel darüber obwalten, daß das Rohmaterial zur Bildung des Erdöls der marinen Fauna entstammt, so ist aber doch erst durch die epochemachenden Arbeiten Englers der direkte Beweis für diese Annahme erbracht und die Theorie der Erdölbildung fest begründet worden.

Es war bekannt, daß man durch trockene Destillation tierischer Substanzen kohlenwasserstoffartige, dem Petroleum äußerlich ähnliche Produkte erhält, welche aber reich an stickstoffhaltigen Verbindungen (Tieröl) sind. Die gleichen Resultate erhielt Engler bei der trockenen Destillation mariner Tiersubstanz (Seefische und Muscheln), welche, um die Abscheidung von Kohle möglichst hintanzuhalten, unter einem Druck von 10 Atm. ausgeführt wurde. Dabei war es gleichgültig, ob diese Destillation bei Abwesenheit oder bei Gegenwart gewisser, eine kondensierende Wirkung ausübender Salze, wie Kochsalz oder Chlormagnesium, stattfand. Nun enthalten zwar, wenn auch nicht alle, so doch die meisten Erdöle stickstoffhaltige, basische Körper, aber doch nur in so verschwindend kleiner Menge, daß die Auffindung derselben erst in den letzten Jahren mit Sicherheit gelang. Die Resultate dieser Englerschen Versuche würden somit eher einen schwerwiegenden Einwand gegen die animalische Provenienz des Erdöls bilden. Engler erblickte darin aber nichts weiter als den Nachweis, daß es einfach unmöglich sei, die ganze tierische Substanz in Erdöl umzuwandeln, und vermutete, daß es nur ein Teil derselben, speziell das Fett, gewesen sein könne, welche das Rohmaterial zur Erdölbildung geliefert hat. Man weiß, daß die tierische Substanz aus zwei wesentlich voneinander verschiedenen Bestandteilen besteht, der stickstoffhaltigen, welche leicht in Fäulnis oder Verwesung übergeht und dem Fett, welches namentlich bei Luftabschluß außerordentlich beständig ist, wie das in alten Gräbern sich findende Leichenwachs (Adipocire), sowie die in fossilen Knochen nachgewiesenen Fettsäuren beweisen. Es kann daher auch gar nicht bezweifelt werden, daß auch vor der eigentlichen Erdölbildung ein Zerfall der organischen Substanz in dem Sinne stattgefunden hat, daß zuerst die stickstoffhaltigen Bestandteile unter Abgabe der Hauptmengen ihres Stickstoffes in Form von Ammoniak oder derartiger komplizierter, flüchtiger oder wasserlöslicher Verbindungen zersetzt worden sind, wobei das Fett übrig blieb, welches in späteren Epochen allmählich in Petroleum übergeführt worden ist.

---

[1]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 21, 1816 u. f.; 22, 592; 26, 1440; 30, 2358. Dingl. polyt. Journ. 271, 515; 284, Heft 6; 287, 41. Chem. Ind. 1895, S. 1 u. 31.

Daß freie Fettsäuren und Fette, wie z. B. Tran, bei vermindertem oder gewöhnlichem Luftdruck entweder ganz oder teilweise unzersetzt überdestilliert werden können, ist aus den Arbeiten von Chevreul, Krafft u. a. längst bekannt. Wesentlich anders aber gestaltet sich die Sache, wenn man, wie Engler gezeigt hat, die Destillation unter Druck ausführt. In diesem Falle findet ein vollständiger Zerfall des Fettsäuremoleküls in Kohlenwasserstoffe, Kohlensäure, Kohlenoxyd und Wasser statt, ohne daß eine nennenswerte Abscheidung von Kohle dabei zu bemerken wäre. Engler hat in dieser Weise sowohl synthetisches Triolein und Tristearin, als auch freie Öl- und Stearinsäure sowie Fischtran der Druckdestillation unterworfen und dabei gezeigt, daß bei einem Überdruck von 10 bis zu 6 Atm. fallend und Temperaturen zwischen 300 und 400° sich freie Fettsäuren ganz analog verhalten wie ihre Glyzeride. Sie lassen sich nahezu vollständig in flüssige Kohlenwasserstoffe und Gase bis zu insgesamt 75 Proz. überführen, während die theoretische Ausbeute ungefähr 85 Proz. betragen müßte. In dem erhaltenen Druckdestillat konnten eine ganze Reihe von Körpern nachgewiesen werden, welche sowohl dem „künstlichen Petroleum“ aus Fettstoffen, wie dem natürlichen Erdöl gemeinsam sind, womit die Übereinstimmung beider in bezug auf ihre Zusammensetzung im allgemeinen bewiesen war. Aber auch in bezug auf seine physikalischen Eigenschaften ist das „künstliche Rohpetroleum“ dem natürlichen Erdöl äußerst ähnlich. Es hat ein spez. Gewicht von 0,8105, ist von bräunlicher Farbe, stark grüner Fluoreszenz und in dünnen Schichten durchsichtig. Durch fraktionierte Destillation lassen sich daraus zwischen 140 bis 300° etwa 60 Proz. eines wasserhellen Brennöls von schwach bläulicher Fluoreszenz, dem spez. Gewicht 0,8025 und dem Entflammungspunkt 26,5° C abscheiden. Der Lichteffekt des Öls beträgt als Mittel aus sechs Stunden Brennzeit auf einem gewöhnlichen Zehnlinienbrenner von Wild und Wessel 9,2 Normalkerzen, während für pennsylvanisches Petroleum unter gleichen Bedingungen 7,8 Normalkerzen beobachtet wurden.

Man sieht also, wie außerordentlich verschieden das Verhalten der Fettsäuren sowohl, wie auch deren Glyzeride bei der Destillation ist, je nachdem dieselbe mit oder ohne Überdruck durchgeführt wird. Englers Versuche haben die Möglichkeit der Umwandlung von Fetten und Fettsäuren in eine mit dem Petroleum physikalisch und chemisch übereinstimmende Flüssigkeit überzeugend dargetan und damit ist der Haupteinwand gegen die animalische Provenienz des Erdöls endgültig beseitigt. Ob dieser Umwandlung noch eine Zersetzung der animalischen Substanz in Glyzerin und Fettsäuren vorausgegangen ist, oder ob sie sich an den Fetten selbst vollzog, ist für die Hauptfrage ohne Belang. Man weiß, daß die Verseifung der Fette mit Wasser allein schon bei 290 bis 300° erfolgt, und daß die Abspaltung von Glyzerin unter geeigneten Umständen noch leichter von statten gehen kann, beweist ein Versuch von Jünemann[1]), bei welchem fein verteilter Talg durch zweimonatliche Behandlung mit fließendem Bachwasser vollständig in freie Fettsäuren umgewandelt worden war.

Was nun den Chemismus der Erdölbildung in der Natur selbst an-

[1]) Bayer. Ind.- u. Gewerbeblatt 1866, S. 724.

belangt, so faßte Engler[1]) denselben auf Grund seiner glänzenden Untersuchungen folgendermaßen zusammen, ohne dabei die angegebene Reihenfolge der einzelnen Vorgänge als in allen Teilen feststehend betrachten zu wollen: Bildung von Massengräbern mariner Fauna (in seltenen Fällen auch von Süßwassertieren), Vermischung und Überlagerung mit Sand und Schlamm (Kalk, Ton), weitere Bildung darüber abgelagerter Sedimentärgesteinsschichten, daneben oder schon vorher Zersetzung der stickstoffhaltigen Substanz der Tierkadaver durch Fäulnis und Verwesung unter Hinterlassung des Fetts; Umwandlung dieser Fettreste (wahrscheinlich nach Abscheidung des Glyzerins infolge Einwirkung des Wassers) durch Druck und Wärme, vielleicht durch ersteren allein in „Protopetroleum" (gesättigte und ungesättigte Kohlenwasserstoffe, größtenteils unter 300° siedend) und allmählicher Übergang der leichtsiedenden, ungesättigten Kohlenwasserstoffe dieses „Protopetroleums" in spezifisch schwere und hochsiedende Schmieröle. Von Temperatur und Druck, denen das Erdöl sowohl bei seiner Bildung wie auch noch ferner ausgesetzt war, dürfte es dann abhängig gewesen sein, ob viel oder wenig gesättigte oder ungesättigte, offenkettige oder zyklische Kohlenwasserstoffe sich bildeten. Damit dürfte sich auch die verschiedene Zusammensetzung der natürlichen Erdöle erklären, ohne daß man gezwungen wäre, auf verschiedene Ausgangsstoffe zurückzugreifen. So sind vielleicht die galizischen und amerikanischen Erdöle bei gewöhnlicher oder nur wenig erhöhter Temperatur entstanden, während bei der Bildung des Erdöls von Baku, sei es beim Bildungsprozeß oder erst bei sekundärer Einwirkung, wahrscheinlich höhere Temperaturen obgewaltet haben. Es ist aber auch nicht ausgeschlossen, daß bei dem letztgenannten Petroleum die Temperatur durch hohen Druck bis zu einem gewissen Grade kompensiert wurde.

Es steht in guter Übereinstimmung mit den geologischen Befunden, wenn Zaloziecki annimmt, daß eine weitere Überlagerung des die Fettreste enthaltenden Konglomerats durch neuere Bildungen sich vollzog, wodurch mit vermehrtem Luftabfluß auch eine Erhöhung des Drucks stattgefunden hat. Damit können Temperatursteigerungen verbunden gewesen sein, welche entweder Gärungsprozessen an zurückgebliebener Tiersubstanz oder Reibungserscheinungen beim Verschieben der Schichten ihre Entstehung verdanken mögen, oder endlich, wie Dorn[2]) annimmt, dadurch hervorgerufen sein mögen, daß Flözgebirgsschichten, welche zur Zeit ihrer Entstehung zu oberst lagen, durch Überlagerung jüngerer Schichten bis zur Gegenwart in tiefere gedrängt wurden, wo, entsprechend der Zunahme der Temperatur im Erdinnern, ein höherer Wärmegrad herrschte. Nach den Ansichten von Höfer, Zaloziecki und anderen wird bei der Bildung des Erdöls gewöhnlich kein Destillationsprozeß stattgefunden haben, sondern es werden die Fettreste am Ort ihrer Lagerung in Petroleum umgewandelt worden sein. Im Einklang damit steht die Beobachtung Englers, daß Ölsäure und Tran beim Erhitzen in gewöhnlichen zugeschmolzenen Röhren, also ohne Destillation, bei den erreichbaren Drucken in Kohlenwasserstoffgemische übergeführt worden, gerade wie bei der Druckdestillation. Eine willkommene

[1]) Chem. Ind. 1895, S. 37. — [2]) Der Liasschiefer, Tübingen 1877.

Bestätigung schien diese Ansicht auch durch das erwähnte, von Engler und Albrecht[1]) beschriebene Erdölvorkommen im Lias der Juraformation von Roth-Malsch in Baden gefunden zu haben; indessen kommen die Genannten zu dem Schluß, daß das in den Wohnkammern der Versteinerungen jener Schichten vorkommende Petroleum doch nicht lediglich der Fettrest der in diesen Kammern vor Zeiten vorhandenen Lebewesen sein könne, da die Ölmenge in einzelnen Kammern so bedeutend ist, daß das Fett und überhaupt die Gesamtsubstanz des betreffenden Tieres nicht ausgereicht haben würde, um dieselbe bilden zu können und zudem auch andere, zufällig entstandene Hohlräume damit angefüllt sind. Es ist vielmehr mit Sicherheit anzunehmen, daß die Ansammlung des Petroleums in diesen Hohlräumen so vor sich gegangen ist, daß es durch starken Druck aus dem umgebenden, bituminösen Gestein im Laufe einer langen Zeit ganz allmählich in die Wohnkammern und übrigen Hohlräume des Kalksteins hineingepreßt worden ist. Engler und Albrecht glauben, daß hierin auch ein Fingerzeig dafür gegeben ist, wie überhaupt in vielen Fällen die Petroleumlager entstanden sind: der Sandstein und andere poröse Gesteine der Petroleumlagerstätten bilden die Hohlräume, in welche unter dem Druck der Erdschichten aus umgebenden bituminösen Schichten das Petroleum hineingedrückt worden ist, etwa wie aus einem öligen Niederschlag das Öl in eine darüber oder darunter befindliche poröse Tonplatte hineintritt oder hineingepreßt werden kann.

Bezüglich des Verlaufs der Abbaureaktion, durch welche das tierische Fett in Erdöl umgewandelt worden ist, nimmt Veith[2]) an, daß dieselbe hauptsächlich im Sinne einer Abspaltung von Kohlensäure verlaufen ist, während Engler geneigt ist, anzunehmen, daß gleichzeitig auch eine Wasserabspaltung Platz greift, da er bei seinen Versuchen stets neben der Bildung von Kohlenoxyd und Kohlensäure das Auftreten von Wasser beobachtet hat. In mehrfacher Hinsicht interessant ist die Parallele, welche Zaloziecki[3]) zwischen der Bildung des Erdöls und der Steinkohle zieht. Er nimmt an, daß das Erdöl und das Erdwachs Zersetzungsstadien tierischer Substanzen, wie die Steinkohlen Zersetzungsrückstände vegetabilischer Verwesungsprozesse sind und nimmt analog den Verwesungsstadien Torf-Lignit-Braunkohle-Steinkohle in chronologischer Reihenfolge die Bituminisationsstadien Fettwachs (Adipocire)-Ozokerit-Erdöl an. Unter „Bituminisation" tierischer Substanzen versteht Zaloziecki einen bei nicht zu hoher Temperatur unter Druck und im Verlaufe langer Zeit vor sich gehenden Abbau des Fettsäuremoleküls unter Abspaltung von Kohlensäure, bzw. Kohlenoxyd und Spaltung in gesättigte und ungesättigte Kohlenwasserstoffe. Letztere unterliegen dann sekundären Veränderungen durch Kondensation und Polymerisation, welche zur Bildung von höheren und auch hydrogenisierten Kohlenwasserstoffen führen. Indessen muß, wie Engler bemerkt, diese Frage noch als offen betrachtet werden, da bei seinen sehr zahlreichen Versuchen niemals die Bildung eines Zwischenprodukts, wie Erdwachs, beobachtet werden konnte; auch folgern Kast und Seidner[4]) aus dem Vorhandensein von aus eingedicktem

---

[1]) loc. cit. — [2]) Die Erdölindustrie, S. 95. — [3]) Dingl. polyt. Journ. 1891, S. 69, 85 u. 123. — [4]) Ebend. 1892, Heft 6.

amerikanischen Rohöl erhaltenen Zylinderölen, daß eine Bildung von Erdöl aus Erdwachs doch nicht wohl stattgefunden haben könne.

Engler präzisiert neuerdings [1]) seinen Standpunkt in der Bildungsfrage des Erdöls kurz wie folgt:

„1. Das Petroleum ist aus der Fettsubstanz untergegangener Lebewesen entstanden, nachdem die übrige organische Substanz derselben durch Fäulnis und Verwesung sich zersetzt hatte. Außer Fettstoffen kommen nur noch Wachs, Harze und ähnliche Stoffe, indessen nur zurücktretend, in Betracht."

„2. Zu den Fettresten hat fast ausschließlich marines Leben beigetragen und zwar: a) die gewöhnliche marine Fauna, wie Fische, Saurier, Weichtiere usw.; b) niederorganisierte Lebewesen, besonders die Mikrofauna und das Plankton des Meeres, wobei pelagische Foraminiferen, Radiolarien, Globigerinen, Pteropoden, Diatomeen usw. vor allem in Betracht kommen."

„3. Binnenpflanzenreste, welche man früher der Petroleumbildung zu Grunde legte, spielen nur ganz ausnahmsweise eine Rolle, doch nicht durch ihre spezifisch pflanzliche Zellsubstanz, sondern zufolge Ansammlung von Fett, Wachs, Harz usw. aus denselben."

„4. Die Umwandlung der Fettstoffe in Erdöl hat sich unter sehr verschiedenen äußeren Bedingungen des Drucks, der Temperatur und in sehr verschieden langen Zeitperioden vollzogen und war demgemäß je nach Umständen ein rascher oder, wie wohl meistens, ein nur ganz allmählich verlaufender Prozeß, dessen erstes Stadium aber wahrscheinlich die Ausscheidung freier Fettsäuren durch Wasser gewesen ist."

„5. Die langsame Umwandlung des Fettes in Erdöl zwingt zur Annahme von Zwischenprodukten."

„6. Das Bitumen ist als ein solches Zwischenprodukt anzusehen, welches teilweise schon fertige Erdölbestandteile, insbesondere festes Paraffin, Asphalt, Pech, auch schon flüssige Kohlenwasserstoffe enthält; es geht durch Druckdestillation leicht in Petroleum über."

„7. Die Erdöle verschiedener Fundstätten enthalten im allgemeinen dieselben Bestandteile, d. h. gesättigte Kohlenwasserstoffe der Methan- und der Naphtenreihe, Olefine, Terpene und zahlreiche, noch ungesättigtere Kohlenwasserstoffe, namentlich Benzol und seine Homologen Toluol, Xylol, Cumol usw., ferner sauerstoffhaltige Verbindungen, wie organische Säuren (Petrolsäuren), Ketone, Phenole usw., Asphalt und Pech, endlich immer auch geringe Mengen schwefelhaltiger Körper und stickstoffhaltiger Basen (Pyridinkörper)."

„8. Die verschiedenen natürlichen, scheinbar so sehr verschiedenen Petroleumsorten unterscheiden sich hauptsächlich nur durch die relative Menge dieser Bestandteile."

„9. So wie schon die Änderung der äußeren Bedingungen der Druckdestillation Druckdestillate ganz verschiedener Zusammensetzung aus ein und demselben Fettstoff ergibt, so ist auch die große Verschiedenheit der

[1]) Verh. des naturwissenschaftl. Vereins zu Karlsruhe, XV. Bd. (1902).

einzelnen natürlichen Erdölsorten in der Hauptsache nur durch die verschiedenen Bildungsbedingungen — des Drucks, der Temperatur und der Zeit — verursacht und nur in untergeordnetem Grade durch die Fette, Harze oder das Wachs verschiedener Abstammung."

Es hat der lichtvollen und durch exakte Experimente auf die höchste Stufe der Wahrscheinlichkeit gebrachten Erklärung Englers über die Entstehung des Erdöls gleichwohl nicht an Einwänden gefehlt, welche namentlich in amerikanischen Zeitschriften gegen dieselbe erhoben worden sind. So machte Sadtler[1]) geltend, daß er auch beim Erhitzen von Pflanzenölen petroleumartige Kohlenwasserstoffe erhalten habe. Nun hat aber Engler durch Druckdestillation Erdöl nicht bloß aus Fischtran erhalten, sondern auch aus Öl- und Stearinsäure, deren Glyzeride bekanntlich die meisten Pflanzenfette ebenfalls enthalten. Der Schwerpunkt seiner Beweisführung liegt aber gerade darin, gezeigt zu haben, wie aus gewöhnlichen Pflanzenresten ohne beträchtliche Abscheidung von Kohle die Bildung von Erdöl nicht möglich sei und daß es ferner gelang, einerseits auf Grund der leichten Zersetzbarkeit der stickstoffhaltigen Tiersubstanz und andererseits der Beständigkeit der Fette eine Erklärung für die Tatsache zu finden, daß sich in den natürlichen Erdölen kein oder nur verschwindend wenig Stickstoff findet und endlich, wie die an sich so beständigen Fette verhältnismäßig leicht und ohne beträchtliche Abspaltung von Kohlenstoff in petroleumähnliche Kohlenwasserstoffe übergeführt werden können. Daß in vereinzelten Fällen sich auch aus Metallkarbiden oder Pflanzenresten Erdöl gebildet haben könne, ist natürlich nicht ausgeschlossen; aber für die großen Erdöllagerstätten hat auf Grund der von Höfer geltend gemachten geologischen Beobachtungen die Bildung aus animalischen Resten auf alle Fälle die größte Wahrscheinlichkeit.

F. C. Phillipps[2]) wendet ein, daß in den bei der Druckdestillation des Trans auftretenden Gasen Olefine und Kohlenoxyd vorhanden seien, während diese in den amerikanischen Erdölgasen fehlen; aber abgesehen davon, daß z. B. durch Bunsen, wie auch durch Schmidt in Erdgasen von Baku und von Engler in solchen von Pechelbronn Kohlenoxyd nachgewiesen worden ist, tritt das in allen Erdölgasen den Hauptbestandteil ausmachende Sumpfgas in relativ größter Menge auch in den Gasen der Druckdestillation des Tranes auf. Phillipps Hinweis auf die Tatsache, daß das Kohlenoxyd sich erst bei einer Temperatur von 427° zu bilden vermöge, die Erdölbildung dagegen bei viel niedrigerer Temperatur stattgefunden haben müsse, ist hinfällig, weil es sich im vorliegenden Falle gar nicht um eine Reduktion von Kohlensäure zu Kohlenoxyd, sondern vielmehr um eine direkte Abspaltung von Kohlenoxyd handelt, deren Möglichkeit bei Temperaturen, die weit unter 400°, ja selbst schon bei 150 bis 160° liegen, von Engler an einer ganzen Reihe von Beispielen aus seinen eigenen Arbeiten und denen anderer Forscher nachgewiesen worden ist. Bekanntlich hat auch bereits früher Thomas[3]) beobachtet, daß blätteriger Lignit schon beim Erwärmen auf 50° ein kohlenoxydhaltiges Gas abgibt. Somit

[1]) Proceed. of the amer. Phil. Soc. 1897, p. 93. — [2]) Ibid. p. 121. — [3]) Chem. News 1877, p. 249.

kann das Auftreten dieses Gases weder einen Beweis für einen bei hoher Temperatur verlaufenen pyrogenen Prozeß, noch das Fehlen desselben einen Beweis für die Bildung eines Gasgemisches bei niedriger Temperatur abgeben. Bei der Bildung der natürlichen Erdöllager muß aber außerdem noch in Betracht gezogen werden, daß etwa ursprünglich in den Zersetzungsgasen vorhanden gewesenes Kohlenoxyd durch nebenher laufende Reduktionsprozesse verbraucht worden und daher verschwunden ist. In dieser Beziehung erinnert Engler an die Beobachtung von Viktor Meyer, wonach Wasserstoff und Kohlenoxyd schon bei gewöhnlicher Temperatur durch Sauerstoff oxydiert werden können, sowie an die von ihm selbst konstatierte Tatsache, daß eine Umsetzung zwischen Wasserdampf und Kohlenoxyd unter Bildung von Kohlensäure schon bei einer Temperatur von 300° Platz greift. In der Tat bringt man ja auch das Auftreten von freiem Schwefel bei Erdöl- und Asphaltlagern mit derartigen Reduktionsprozessen in Verbindung.

Einen anderen Einwand gegen die Englerschen Schlußfolgerungen machte Heusler[1]) geltend, in dem er darauf hinwies, daß die durch Druckdestillation erhaltenen Öle im Verhältnis zu den natürlichen Erdölen zu reich an leichten Olefinen seien; er glaubt, daß man nicht umhin könne, eine Polymerisation dieser Öle durch natürliche Agentien anzunehmen, ähnlich wie er dies durch Einwirkung von Aluminiumbromid auf die leichten Anteile des Braunkohlenteeröls und auch des Trandruckdestillats erreicht habe. Auch Ochsenius[2]) ist wiederholt dafür eingetreten, daß die Umwandlung der tierischen Reste und des daraus gebildeten „Protopetroleums", wie es von Engler zuerst bezeichnet wurde, in Petroleum durch marine Mutterlaugensalze bewirkt worden sei; aber Heusler hebt gerade besonders hervor, daß die polymerisierenden Eigenschaften des Aluminiumbromids anderen wasserfreien Salzen, wie dem Chlormagnesium, Chlorzink und Eisenchlorid, nicht zukommen. Er meint, es sei auch zu berücksichtigen, daß in der Natur das „Protopetroleum" wohl nie Gelegenheit gehabt habe, mit derartigen polymerisierenden Substanzen zusammenzutreffen und daß auf nassem Wege eine polymerisierende Wirkung derselben überhaupt ausgeschlossen erscheine. Auch dieser Einwurf ist gegenstandslos geworden, seit Engler gezeigt hat, daß es gar nicht nötig ist, eine Polymerisation der Olefine durch besondere Substanzen anzunehmen, sondern daß diese Polymerisation sowohl an den Destillaten des Rohpetroleums als auch jenen des Druckdestillats bei gewöhnlicher oder nur wenig erhöhter Temperatur von selbst eintreten kann. Es fehlt auch nicht an zahlreichen anderen Beispielen in der organischen Chemie, welche diese Selbstpolymerisation wahrscheinlich machen; wir erinnern nur an die längst bekannte Polymerisation des Isoprens zu kautschukartigen Massen und an das erst in jüngster Zeit von Kraemer und Spilker[3]) im Steinkohlenteer aufgefundene Cyklopentadien.

Für die Entstehung des Erdöls und der natürlichen Bitumina überhaupt können heute nur noch zwei Theorien in Frage kommen, welche beide den Tat-

[1]) Zeitschr. f. angew. Chemie 1896, S. 288 u. 313. — [2]) Chem.-Ztg. 1891, S. 935, 1735 u. 1866; 1896, S. 383. — [3]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1896, S. 552.

sachen in jeder Weise gerecht werden: Die Englersche oder die damit hinsichtlich des chemischen Hauptvorganges identische und nur bezüglich des Herkommens der Substanz etwas abweichende von Kraemer und Spilker. Wahrscheinlich bleiben beide nebeneinander bestehen. Es wird aber immer das große Verdienst Englers bleiben, zuerst die Theorie der Bildung des Erdöls aus Fettresten begründet und die Überführbarkeit der Fette in Erdöl experimentell nachgewiesen zu haben. Auf seinen grundlegenden Experimenten und Anschauungen baut sich die Theorie von Kraemer und Spilker auf, welche nach ihren eigenen Worten mit ihren Ansichten auf seinen Schultern stehen. Ob die das Fett liefernden Lebewesen tierischer oder pflanzlicher Natur waren, ist im Grunde genommen von nebensächlicher Bedeutung; denn daß auch Pflanzenfette unter geeigneten Bedingungen Petroleumkohlenwasserstoffe zu liefern vermögen, ist von Engler bereits früher festgestellt worden und auch selbstverständlich, da sie ja chemisch dasselbe sind, wie die tierischen Fette: Glyzeride von Fettsäuren und nicht allein diese, sondern alle Fettsäuren, selbst freie, bei der Druckdestillation in die charakteristischen Bestandteile des Erdöls übergehen.

Wie dann des weiteren die Umwandlung des Erdöls in Erdpech oder Asphalt vor sich gegangen ist, ist noch nicht mit genügender Sicherheit aufgeklärt. Es ist sehr wahrscheinlich, daß man es auch hier mit einer im Laufe der Jahrtausende sich abspielenden Selbstpolymerisation der Kohlenwasserstoffe zu tun hat. Auf diese Weise erklärt sich auch Mabery [1]) die Entstehung des Asphalts; nach ihm unterliegt es gar keinem Zweifel, daß überall in der Natur eine Umwandlung des Petroleums in Asphalt stattfindet und man kann in manchen Gegenden Kanadas das Vorkommen eines Öls, das leichter ist als gewöhnliches Petroleum, und eines zähen und schweren, das auf der Oberfläche aufliegt, beobachten, welches letztere offenbar schon einen Übergang zum Asphalt darstellt. Mabery untersuchte auch ein auf künstlichem Wege aus Erdölrückständen hergestelltes Produkt, das daraus durch geringes Erwärmen bei gleichzeitigem Durchblasen von Luft während fünf bis sechs Tagen erhalten wurde und sich kaum vom natürlichen Asphalt unterscheiden ließ. Die Wirkung dieses Luftstroms beruht weniger in einer Aufnahme von Sauerstoff, als wahrscheinlich in einem Verlust an Wasserstoff, kann aber ebensogut nur eine polymerisierende gewesen sein. Auch Clifford Richardson [2]) bemerkt, daß die Kohlenwasserstoffe des Bitumens im allgemeinen die Zusammensetzung C_nH_{2n} besitzen und sich schon bei gewöhnlicher Temperatur leicht polymerisieren.

Wie Zaloziecki [3]) mitteilt, ist das aus Roherdöl erhaltene Einwirkungsprodukt der Schwefelsäure (Rohölsäureteer) in keiner Weise vom natürlichen Asphalt oder Bitumen verschieden; die polymerisierenden Eigenschaften der Schwefelsäure sind aber längst bekannt. Nach unserer Meinung spricht aber noch ein weiterer Umstand für die Entstehung des Asphalts durch Polymerisation leichtflüssiger, ungesättigter Kohlenwasserstoffe. Es ist dies sein Vor-

[1]) Chem.-Ztg. 1896, S. 83. — [2]) Journ. Soc. Chem. Ind. 17, 13—32. — [3]) Zeitschr. f. angew. Chemie 1897, S. 588.

kommen in Form von bituminösem Gestein, dessen Hauptlagerstätten in einem früheren Kapitel eingehend beschrieben wurden. Bei näherer Betrachtung dieses Gesteins wird einem ohne weiteres klar, daß der Asphalt, welcher in Form von Bergteer nicht allein die Spalten und Hohlräume, sondern auch das dichteste Gefüge derselben durchsetzt, in dieser Gestalt in das Gestein nicht hat eindringen können, selbst wenn man höhere Temperatur und andere Druckverhältnisse voraussetzt. Diese Möglichkeit kann sich nur einem sehr dünnflüssigen Fluidum unter hohem Druck geboten haben. Es wäre allerdings denkbar, daß diese Flüssigkeit den Asphalt schon in gelöster Form enthalten haben konnte, das Lösungsmittel aber im Laufe der Zeit unter Zurücklassung des Asphalts oder Bergteers verdampft sei. Dem widerspricht aber die Tatsache, daß selbst im Innern der teilweise überaus mächtigen Asphaltfelslagerungen kein flüchtigeres Produkt angetroffen worden ist. Dieselben Einwendungen lassen sich gegen die von anderer Seite geltend gemachte Oxydation des Erdöls in den Poren des Gesteins machen; hätte ein derartiger Vorgang stattgefunden, so müßte man im Kern der Gesteine auf Stellen treffen, an denen dieser Vorgang noch nicht soweit vorgeschritten, ja nicht einmal eingeleitet wäre, weil das umgebende, mit zähem Bitumen angefüllte und vollkommen undurchlässige Gestein das Vordringen des Sauerstoffs aus der Tiefe oder der atmosphärischen Luft verhindert haben müßte. Dagegen ist eine Polymerisation an keinerlei äußere Bedingungen geknüpft und verläuft, einmal eingeleitet, ganz von selbst und durch die ganze Masse.

Es hängt wahrscheinlich von der Natur der in Polymerisation übergehenden Kohlenwasserstoffe ab, von welcher Beschaffenheit die Produkte dieses Vorganges sind: ob weich wie Bergteer, oder hart wie Asphalt. Möglicherweise sind aber die verschiedenen Zustände des Polymerisationsprodukts auch Produkte ein und desselben Vorgangs, aber in verschiedenen Reaktionsstadien, so daß wir z. B. den Bergteer oder die Malthe als ein Zwischenprodukt zwischen dem Erdöl und dem Asphalt und diesen letzteren wieder als ein solches zwischen dem Bergteer und einem noch höher polymerisierten, vermutlich in den bekannten Lösungsmitteln unlöslichen Produkt, wie z. B. der Bentheimer Asphalt [1]) eines vorstellt, zu betrachten haben.

Von anderer Seite werden Bergteer und Asphalt als Verdampfungsrückstände des natürlichen Erdöls in verschiedenen Stadien der Trockenheit angesehen. Schon v. Leonhard [2]) bezeichnet die in der Gegend des Toten Meeres auftretenden Erdpechmassen als Absätze aus den dort häufigen Naphta- und Erdölquellen. Diese Anschauung teilt auch Newberry [3]) und sucht dieselbe an der Hand einer Zusammenstellung der Asphaltfundstätten Nordamerikas zu stützen.

Wieder andere erblicken in der Bildung des Asphalts aus Erdöl einen Oxydationsvorgang. Schon Boussingault [4]) nahm an, daß der fixe Bestandteil des

[1]) Vgl. Engler u. Strippelmann, Dingl. polyt. Journ. 250, 216, 265 u. 316. — [2]) Lehrb. d. Geogr. und Geol., Stuttgart 1846/49, S. 932. — [3]) Am. Chemist 2, 247. — [4]) Ann. de Chem. et Phys. 64, 141; 73, 442.

Bergteers, den er Asphalten nannte, sich aus dem flüssigen, von ihm Petrolen genannten, gebildet habe. Auch hat z. B. Jenny[1]) beobachtet, daß Petroleum vom Siedepunkt über 350° (41° Bé) bei einer Temperatur von 140° durch Luft mit oder ohne Zuhilfenahme anderer oxydierender Agentien, wie Bleiglätte, Permanganat usw., oxydiert wird. Er konnte die Bildung von braunen bis schwarzen, in Petroleum nicht löslichen asphaltartigen Massen, für die er die chemische Zusammensetzung $C_{40}H_{46}O_5$, $C_{40}H_{40}O_6$, $C_{40}H_{38}O_7$ und $C_{40}H_{36}O_7$ angibt, konstatieren. Beim Übergang dieser Körper ineinander wird kein Wasser abgespalten, sondern es treten wasserstoffreichere Kohlenwasserstoffe aus dem Petroleum aus. Ähnlich verlaufende Prozesse nimmt Jenny für die Entstehung des natürlichen Asphalts an. Daß das Erdöl und seine Destillationsprodukte schon im Dunkeln, rascher aber am Licht Sauerstoff aufnehmen und sich in Petrolsäure und andere harzartige, dem natürlichen Asphalt äußerst ähnliche Körper verwandeln, weiß man aus den Untersuchungen von R. A. Ostreyka[2]), Steuart[3]) und vieler anderer.

Da alle Erdöle Asphalt in größerer oder geringerer Menge enthalten, nimmt A. H. Sabine[4]) an, daß die natürlichen Asphalte Petrolrückstände darstellen, die sich von den künstlichen nur dadurch unterscheiden, daß jene Oxydationsprodukte des Petroleums sind. Nach R. Kayser[5]) kann indessen die Annahme, daß die Asphalte durch Oxydation des Erdöls oder gewisser Bestandteile desselben entstanden sind, nicht mehr als zutreffend betrachtet werden, seitdem durch seine Untersuchungen nachgewiesen worden ist, daß den Asphalten, auf welche sich diese Annahme stützte, nur irrtümlicherweise ein Sauerstoffgehalt zugeschrieben worden ist.

Dagegen weise der Umstand, daß Schwefel in freiem Zustand und Erdöl als fast ständige Begleiter des Asphalts beobachtet worden sind, bei dem beträchtlichen Schwefelgehalt der Asphalte schon von selbst auf eine Entstehung des Asphalts aus Erdölbestandteilen und Schwefel oder Schwefelverbindungen hin, bei welcher hohe Temperaturen, Druck und lange Zeiträume mitgewirkt haben mögen, vielleicht unter Mithilfe vulkanischer Kräfte, deren Spuren auch sonst immer Begleiter der größeren Asphaltlager seien. Nach Kayser läßt sich die Bildung schwefelhaltiger, kohlenstoffreicher Kohlenwasserstoffe, als solche müssen nach ihm die Asphalte betrachtet werden, auch ohne Schwierigkeit experimentell nachweisen, wenn man eine Lösung von Schwefel in Petroleum der Destillation unterwirft. Dabei geht zuerst unverändertes Lösungsmittel über; sehr bald aber bräunt sich die Flüssigkeit und es entweichen mit dem Destillat reichliche Mengen von Schwefelwasserstoff. Die in der Retorte verbleibende braunschwarze, teerige Masse ist in Äther, Chloroform und zum Teil auch in Alkohol ohne Abscheidung von Schwefel löslich. Der chemische Vorgang bei der Destillation verläuft wohl nach dem Schema:

$$C_xH_y + 2S = C_xH_{y-2}S + H_2S.$$

[1]) Am. Chemist 5, 539. — [2]) Chem.-Ztg. 1896, Rep. S. 196. — [3]) Zeitschr. f. angew. Chemie 1899, S. 601. — [4]) Am. Chem. Soc. of Cleveland, 30. und 31. Okt. 1895. Chem.-Ztg. 1896, S. 83. — [5]) Untersuchungen über nat. Asphalte, 1879, S. 32.

Aus den auf solche oder doch ähnliche Weise gebildeten Asphaltsubstanzen mögen dann die jetzigen reinen Lager von Asphalt entstanden sein, die, wenn sie in Kohlenwasserstoffen gelöst blieben oder erst nachher wieder durch solche gelöst wurden, die verschiedenen Arten des Bergteers bildeten.

Von neueren Forschern weisen namentlich S. F. und H. E. Peckham[1]) dem Gehalt des Asphalts an Schwefel eine höchst wichtige Rolle bei der Bildung des festen Erdpechs zu, indem dies oft geradezu als das Resultat der Einwirkung von Schwefel auf flüssiges oder halbflüssiges Erdöl zu betrachten sein soll. Nach ihnen verbrennt der Schwefel den Wasserstoff des Erdöls langsam bei niedriger Temperatur, rascher in der Wärme, und es ist nicht einmal notwendig, daß derselbe von Anfang an in freiem Zustand vorhanden ist, da die Sulfate bekanntlich in Berührung mit toten, in Zersetzung begriffenen organischen Substanzen desoxydiert werden. Das Auftreten von freiem Schwefel in den Asphaltlagern am Toten Meer und auf Trinidad, sowie die Exhalation schwefelwasserstoffhaltiger Gase in den Quellen derselben bietet eine nicht unwesentliche Stütze für diese Annahme.

Auch Clifford Richardson[2]) schreibt dem Schwefel im Asphalt polymerisierende (kondensierende) Wirkungen zu und meint, daß derselbe geradezu das Unterscheidungsmerkmal zwischen Petroleum und Asphalt bilde. Je mehr Schwefel in letzterem enthalten sei, um so härter sei er. Er erinnert daran, daß man neuerdings aus Petrolrückständen durch Einwirkung von Schwefeldämpfen ein künstliches, dem natürlichen Asphalt in allen Stücken äußerst ähnliches Produkt herstelle, wobei der Schwefel die gleiche Rolle spiele, wie der Sauerstoff in dem schon früher erwähnten, von Mabery angeführten Prozeß. Endemann[3]) dagegen kann dem Schwefel im Asphalt keinerlei polymerisierende Eigenschaften zuschreiben und betrachtet denselben lediglich als Verunreinigung. Dagegen glaubt Elschner[4]), daß der ursprünglich in Form von Sulfaten vorhandene und durch die organische Substanz reduzierte Schwefel bei dem vorherrschenden immensen Druck in die organische Materie eingetreten sei. Möglicherweise aber stehen damit auch die beim Zerfall der Eiweißstoffe auftretenden Stickstoffbasen und kohlensaures Ammoniak im Zusammenhang.

Wir sehen also, daß wir uns in bezug auf die Bildung des Asphalts noch nicht aus dem Bereiche der Hypothesen entfernt haben. Soviel ist aber sicher, daß Bergteer und Asphalt in bezug auf ihr Vorkommen und ihre Bildung innig mit dem Erdöl in Verbindung stehen und daß die beiden ersteren aus letzterem sich bilden können und in der Tat auch gebildet werden. Ob dieser Vorgang nun lediglich als eine Verdampfung leicht flüchtiger Bestandteile, als eine Selbstpolymerisation der ungesättigten Kohlenwasserstoffe anzusehen ist, oder ob er die Folge einer Oxydation oder einer Kondensation durch Einwirkung von Sauerstoff oder Schwefel ist — dies aufzuklären muß weiteren wissenschaftlichen Untersuchungen vorbehalten bleiben, und es scheint auch bereits

---

[1]) Am. Soc. Chem. Ind. 1897, p. 996. — [2]) Chem.-Ztg. 1897, S. 289. — [3]) Journ. Soc. Chem. Ind. 17, 1005. — [4]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1901, p. 885.

ein Lichtstrahl in dieses Dunkel fallen zu wollen. Während sich diese Blätter schon im Drucke befanden, ist G. Kraemer, der seither mit glücklichem Griff auch das schier unentwirrbare Gemisch der Bestandteile des Steinkohlenteers zu einem guten Teil gelichtet hat, bei seinen Untersuchungen über das Inden und das Kumaronpech auf Erscheinungen gestoßen, welche zu den größten Hoffnungen bezüglich der Aufklärung auch der Natur und Bildungsweise des Asphalts berechtigen. Wie dort aus dem polymerisierten Inden durch einfache Wasserstoffwanderung Truxen sich gebildet hat:

$$(C_9H_8)_4 = C_{18}H_{12} + (C_9H_{10})_2,$$

so erscheint auch die Bildung der Paraffin- und Schmieröle in dem Erdöl als ein der Indenspaltung ganz analoger Vorgang, da bei dem völligen Abschluß der Luft die Mitwirkung von atmosphärischem Sauerstoff nicht anzunehmen sein dürfte.

Stellt man sich nach Kraemer[1]) vor, daß 2 Mol. eines polymeren Decylens $(C_{10}H_{20})_2$ in 2 Mol. der hydrierten Verbindung $C_{10}H_{22}$, also Dekan und 1 Mol. des Kondensationsprodukts $C_{20}H_{36}$ zerfallen, so würde das letztere eine Zusammensetzung von 86,96 Proz. Kohlenstoff und 13,04 Proz. Wasserstoff haben müssen. Diese entspricht aber genau den Zahlen, welche Kraemer und Spilker[2]) vor einiger Zeit für die Zusammensetzung des Bakunins, eines wegen seiner Schmierfähigkeit besonders geschätzten, zwischen 360 und 420° C siedenden Anteils des russischen Erdöls festgestellt haben, nämlich im Mittel 87,05 Proz. Kohlenstoff und 12,95 Proz. Wasserstoff.

Danach scheint auch die Natur der Bildung des Asphalts aus Erdöl als ein ganz analoger Vorgang, wie die Spaltung des Indens: polymerisierte Kohlenwasserstoffe spalten unter Zusammenschluß mehrerer Moleküle Wasserstoff ab, der gleichzeitig zur Reduktion anderer Moleküle ungesättigter Kohlenwasserstoffe verwendet wird. Man darf mit Sicherheit erwarten, daß diese Vorgänge in absehbarer Zeit völlig aufgeklärt werden, um so mehr, als das Kapitel der ungesättigten Kohlenwasserstoffe von einer Reihe hervorragender Forscher aufgegriffen worden ist und emsig bearbeitet wird.

---

[1]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1903, S. 645. — [2]) Ebend. 1900, S. 2268.

Viertes Kapitel.

Die physikalischen und chemischen Eigenschaften, Zusammensetzung und Bestandteile der natürlichen Asphalte.

Auf Grund der im Vorhergehenden gewonnenen Einblicke in die Entstehung des Asphalts sind wir zu der Anschauung gelangt, daß die physikalischen und mehr noch die chemischen Eigenschaften der Asphalte verschieden sein müssen, je nach der Natur des Rohmaterials, aus dem sie entstanden sind, und dem Zustand der Umbildung, auf dem sie sich gerade befinden. So sind wir dazu gekommen, in dem Bergteer oder der Malthe eine Art Vorstufe in der Bildung des Asphalts aus Erdöl zu erblicken, und ob der Asphalt selbst das letzte Glied in dem Entwickelungsstadium ist, oder ob auch an ihm der Polymerisations- oder Dehydrogenisierungsvorgang unter geeigneten Umständen noch weiter spielen kann, um zuletzt ein auch gegen Lösungsmittel indifferentes Produkt hervorzubringen, muß dahingestellt bleiben. Jedenfalls aber wissen wir, daß auf Grund der Entstehungsweise der Asphalte von einem einheitlichen Körper nicht die Rede sein kann, sondern daß wir es mit innigen und wahrscheinlich äußerst komplizierten Gemischen einer Reihe organischer Verbindungen zu tun haben, die, verschieden in ihren physikalischen Eigenschaften, auch eine verschiedene chemische Zusammensetzung besitzen müssen.

Der Asphalt gehört zu jenen unerquicklichen, harzartigen Körpern, deren Trennung und Reindarstellung dem Chemiker fast unüberwindliche Schwierigkeiten bietet. Aus diesem Grunde wissen wir über die näheren Bestandteile der Asphalte so gut wie nichts, weil fast kein einziger derselben isoliert und so rein dargestellt werden konnte, daß er sich als ein ausgesprochenes chemisches Individuum charakterisiert. Wohl haben eine Anzahl Forscher diesen schwierigen Gegenstand ihre Zeit gewidmet, und, wie wir sehen werden, eine Reihe von teils flüssigen, teils festen Substanzen aus dem Asphalt abgeschieden; aber manche derselben müssen ohne weiteres als Zersetzungsprodukte des Asphalts angesehen werden, während bei den anderen der Beweis der chemischen Individualität nicht endgültig erbracht ist.

Was zunächst die physikalischen Eigenschaften der Asphalte anbelangt, so sind dieselben sehr verschieden. Bergteer oder Malthe, auch

Elaterit genannt, stellt eine dickflüssige, teerartige, klebrige Masse dar von schwarzbrauner bis schwarzer Farbe und wechselnder Konsistenz; sein Geruch ist eigentümlich bituminös, besonders in der Wärme nicht unangenehm aromatisch hervortretend. Das Erdpech dagegen, z. B. der Asphalt von Trinidad, ist bald trägflüssig, zäh und schmierig, bald fest und spröde, von harzartigem Aussehen und muscheligem Bruch. Seine Farbe ist mattbraun bis mattschwarz, sein Geruch ähnlich dem des Bergteers, wenn auch nicht so stark. In reinem Zustand, d. h. frei von mineralischen Beimengungen, sind beide leichter als Wasser; aber durch einen Gehalt an anorganischer Substanz kann das spezifische Gewicht bis auf 1,6 steigen. Beim Erwärmen wird sowohl der Bergteer als auch das Erdpech dünnflüssig und verbrennt schließlich mit stark rußender Flamme unter Verbreitung eines intensiven, unverkennbaren Geruchs und Hinterlassung einer koksartigen, glänzend schwarzen Kohle. Beide sind gänzlich unempfindlich gegen den Einfluß der Atmosphärilien und der Feuchtigkeit, dabei schlechte Leiter für Wärme, Elektrizität und Schall. Hierauf gründet sich der hohe Wert des Asphalts als Bau- und Isoliermaterial.

Eigentümlich ist das Verhalten des Erdpechs gegen die Sonnenwärme. Während z. B. sogenannter künstlicher Asphalt, gewöhnliches Steinkohlenteerpech, im Sommer für längere Zeit der direkten Einwirkung der Sonne ausgesetzt, eine große Menge Wärmestrahlen absorbiert und sich dabei unter Umständen auf 60 bis 70° erhitzen kann und zu schmelzen beginnt, erwärmt sich Trinidad-Asphalt unter den gleichen Umständen höchstens auf 35 bis 40°, und fängt nur erst an, etwas elastischer zu werden. Auf dieser Eigenschaft im Verein mit seiner Undurchlässigkeit für Wasser und seiner schalldämpfenden Eigenschaften beruht der Wert des Asphalts als Straßenbaumaterial.

Während das Erdpech noch mit erdigen Stoffen verunreinigt ist, die auf seine sonstigen physikalischen Eigenschaften nicht ohne Einfluß sind, ist der reine Asphalt von dunkelbrauner bis schwarzer Farbe, hat einen muscheligen, glänzenden Bruch und besitzt Verunreinigungen nur in Nestern, so daß dieselben leicht auf mechanischem Wege entfernt werden können. Er läßt sich leicht zu Pulver von brauner Farbe zerreiben, und ist daher wesentlich härter und spröder als das Erdpech.

In nachfolgender Tabelle geben wir die spezifischen Gewichte, Härten (nach Breithaupt) und Schmelzpunkte einer Anzahl Asphalte, zum Teil nach Kayser:

	Spez. Gew.	Härte	Schmelzpunkt
Bergteer von Lobsann . .	leichter als Wasser	—	—
Asphalt von Trinidad . .	1,39—1,96	3	130—165°
„ „ Maracaibo . .	1,091	3	130°
„ „ Barbadoes . .	1,041	2	110°
„ „ Syrien . . .	1,103	3—4	135°

Gegen die üblichen Lösungsmittel verhalten sich die verschiedenen Asphalte im allgemeinen ganz analog, wie nachstehende Tabelle zeigt:

Asphalt	Wasser	Verdünnte Säuren	Kaustische Alkalien	Alkohol	Äther	Chloroform	Petroleum	Terpentinöl
Syrischer Asphalt . . .	absolut unlöslich	absolut unlöslich	absolut unlöslich	4 Proz.	44 Proz.	vollkommen löslich	vollkommen löslich	vollkommen löslich
Trinidad " . . .				5 "	57 "			
Maracaibo " . . .				wenig	zum Teil			
Barbadoes " . . .				teilweise	teilweise			
Pechelbronn " . . .				zum Teil	fast ganz			

Auch in Schwefelkohlenstoff und Benzol sind die meisten Asphalte gänzlich löslich. Nach dem Verdunsten des Lösungsmittels bleibt der Asphalt als glänzend schwarze, zusammenhängende und undurchdringliche Schicht zurück, worauf sich seine Verwendung als Lack und schützender Überzug für Gegenstände aller Art gründet.

Eine weitere bemerkenswerte Eigenschaft des Asphalts ist seine bereits im Jahre 1814 von Niepce[1]) entdeckte und für photographische Zwecke benutzte Lichtempfindlichkeit; sie beruht auf der Eigentümlichkeit, daß eine mit einer Asphaltlösung bestrichene Metallplatte, wenn sie dem Licht ausgesetzt wird, sich dahin verändert, daß der Asphalt nachher in dem betreffenden Lösungsmittel (Lavendelöl oder Petrolnaphta) unlöslich, oder doch wenigstens schwer löslich geworden ist. Auf diesem Verhalten beruht ein in der neuesten Zeit zu hoher Ausbildung gelangtes Vervielfältigungsverfahren, der sogenannte Asphaltdruck.

Was sodann die chemische Zusammensetzung der Asphalte betrifft, so ist deren Feststellung mehrfach Gegenstand der Untersuchung gewesen, hat aber begreiflicherweise recht abweichende Resultate ergeben. Die älteren Forscher fanden in der organischen Substanz neben relativ großen Mengen von Kohlenstoff und Wasserstoff nur noch Sauerstoff und geringe Mengen von Stickstoff in wechselnden Verhältnissen. Erst Terreil[2]) machte darauf aufmerksam, daß sich beim Verbrennen des Asphalts von Cambojo ein beträchtlicher Geruch nach schwefliger Säure bemerkbar mache. Später hat dann Helm[3]) gezeigt, daß der Schwefel ein ständiger Begleiter aller Retinalithe und Asphalte ist, und hat in syrischem Asphalt 9,0, in amerikanischem 11,0 und in einem Asphalt unbekannter Herkunft 8,5 Proz. Schwefel nachgewiesen. Delachanal[4]) hat kurze Zeit darauf drei verschiedene Sorten von Asphalt vom Toten Meer untersucht, und fand in denselben ungefähr je 3 Proz. Schwefel, der nicht in Form von Metallsulfiden vorhanden sein kann, da der Aschengehalt der betreffenden

[1]) Siehe Stein, Das Licht im Dienste wissenschaftlicher Forschung, Leipzig 1877, S. 10. — [2]) Jahresber. d. Chem. 1864, S. 868. — [3]) Arch. Pharm. 1877, Bd. VIII, Heft 3; 1878, Bd. X, Heft 6. — [4]) Compt. rend. 97, 491.

Asphalte nur 0,273 Proz. beträgt. Seit Kaysers[1]) Untersuchungen gilt es wohl als allgemein feststehend, daß der Schwefel einen wesentlichen Bestandteil des Asphalts ausmacht, während ein Gehalt an Sauerstoff nur von untergeordneter Bedeutung ist. Nur H. Endemann[2]) erblickt in dem Schwefelgehalt eines Asphalts nichts weiter als eine zufällige Verunreinigung, weil er gefunden hat, daß bei der Extraktion eines Texas-Asphalts mit einem Schwefelgehalt an 0,95 Proz. mit Chloroform nur 0,1 Proz. Schwefel in den löslichen Teil überging.

S. F. und H. E. Peckham[3]) sehen in dem Schwefel einen notwendigen, wenn auch vielleicht nicht chemisch gebundenen Bestandteil des Asphalts, der bei der Bildung desselben eine höchst wichtige Rolle gespielt hat. Auch Clifford Richardson[4]) betrachtet den Schwefelgehalt gerade als Unterscheidungsmerkmal zwischen Petroleum und Asphalt, von dessen Menge sogar die Härte des Asphalts abhängt. Jedenfalls geht aus den Untersuchungen Kaysers zur Genüge hervor, daß wir es in der Tat beim Asphalt mit geschwefelten Kohlenwasserstoffen zu tun haben.

Die prozentische Zusammensetzung verschiedener Asphalte zeigt nebenstehende Tabelle, deren Resultate auf aschenfreie Substanz umgerechnet sind.

Es ist zu diesen Analysen jedoch zu bemerken, daß die älteren Autoren, welche einen Gehalt an Sauerstoff angeben, diesen aus der Differenz berechnet haben; der beträchtliche Schwefelgehalt[5]) ist ihnen entgangen und findet sich daher in den für Sauerstoff angegebenen Zahlen.

Das komplizierte Gemisch der die Asphalte zusammensetzenden Verbindungen ist von verschiedenen Forschern zu entwirren versucht worden. So untersuchte Boussingault[6]) den Asphalt von Pechelbronn und konnte ihn durch Destillation mit Wasser in einen flüchtigen flüssigen und einen fixen festen Körper zerlegen, welche die beiden Bestandteile der klebrigen Erdharze bilden, und die er als Petrolen und Asphalten bezeichnet. Ersteres macht nach ihm den Hauptbestandteil des Petroleums aus, ist von blaßgelber Farbe, wenig auffallendem Geschmack und bituminösem Geruch. Sein spezifisches Gewicht beträgt 0,891 bei 21°; bei — 12° bleibt es noch flüssig, erzeugt Fettflecke auf Papier und verbrennt beim Anzünden mit stark rußender Flamme. Der Siedepunkt des Petrolen liegt bei 280° und seine Dampfdichte beträgt 9,415, während die Formel $C_{20}H_{32}$ 9,429 verlangt. Die Elementaranalyse ergab:

				$C_{20}H_{32}$
Kohlenstoff . . .	87,1	87,1	87,3	88,2
Wasserstoff . . .	12,1	12,2	11,9	11,8
				100,0

Das Petrolen läßt sich dem Bergteer auch durch Alkohol, aber nicht vollständig entziehen; dies gelingt indessen, wenn man den Asphalt während

[1]) loc. cit. — [2]) Journ. Soc. Chem. Ind. 17, p. 1005 u. f. Wagners Jahresber. 1898, S. 1205. — [3]) Ann. Soc. Chem. Ind. 1897, p. 996. — [4]) Soc. Chem. Ind. of New-York, Sitzung vom 19. März 1897. — [5]) Vgl. Kayser, loc. cit., S. 22. — [6]) Ann. Chim. Phys. 64, 171; 73, 442.

Vorkommen	C	H	O	N	S	Autor
Bastennes	85,74	9,58	2,88	1,80	—	Ebelmann: Ann. des mines 15, 523.
Pont du Chateau	77,52	9,58	10,53	2,37	—	Derselbe.
Abruzzen	81,83	8,28	8,83	1,06	—	Derselbe.
Pontnavey	65,92	7,31	25,44	1,33	—	Derselbe.
Kuba	81,46	9,57	8,97 (O + N)		—	Regnault: Ann. d. Chem. 25, 246.
"	82,67	9,14	8,19 (O + N)		—	Wetheril: Jahresber. d. Chem. 1854, S. 876.
Hillsborough	86,12	9,87	4,01 (O + N)		—	Derselbe.
Coxitambo	88,63	9,69	1,68 (O + N)		—	Derselbe.
Pechelbronn, Erdharz	88,0	12,0	—	—	—	Boussingault: Ann. Chim. Phys. [2] 73, p. 442.
" Jungfernharz	88,0	11,0	—	1,6	—	Derselbe.
Hatten (flüssig)	88,0	11,6	—	0,4	—	Derselbe.
Ägypten	85,29	8,24	6,22	0,25	—	Derselbe.
Totes Meer	77,84	8,93	11,54	1,70	—	Boussingault: Compt. rend. 96, 1452.
" "	80,0	9,0	—	0,40	10,0	Derselbe.
Syrischer	80,50	9,06	—	0,38	10,06	Kayser: loc. cit.
Trinidad	88,43	11,57	—	—	—	Peckham: Journ. Soc. Chem. Ind. 17, 1003.
"	88,51	11,49	—	—	—	Derselbe.
"	85,89	11,06	0,56	—	2,49	Day u. Bryant: Journ. Frankl. Inst. 138, 149.
"	78,8	9,3	—	1,4	10,0	Kayser: loc. cit.
Pechelbronn	86,6	11,4	0,4	0,3	1,4	Derselbe.
Barbadoes	87,01	9,56	—	—	2,67	Derselbe.
Maracaibo	81,65	9,59	—	—	8,03	Derselbe.
Bentheim	89,40	9,71	—	—	—	Stromeyer.
Niederrhein	86,2	8,7	—	—	—	Le Bel u. Muntz: Bull. Soc. Chim. [2] 17, 156.
China	86,8	8,8	—	—	—	Dieselben.
Nil	78,77	8,65	—	—	—	Dieselben.
Park County	86,03	10,03	0,66	Spur	3,28	Day u. Bryant: loc. cit.

48 Stunden auf 250° erhitzt. Den auf diese Weise oder bei der Destillation mit Wasserdampf hinterbleibenden Rückstand nennt Boussingault Asphalten, weil er alle Eigenschaften des reinen Asphalts hat. Er ist hart, von glänzend schwarzer Farbe, muscheligem Bruch und schwerer als Wasser. Bei 300° schmilzt das Asphalten und verbrennt bei höherer Temperatur an der Luft unter denselben Erscheinungen wie der Bergteer. Bei der Verbrennung mit Kupferoxyd ergab das Asphalten folgende Resultate:

		$C_{20}H_{32}O_3$
Kohlenstoff	75,3	75,0
Wasserstoff	9,9	10,0
Sauerstoff (durch Differenz) . . .	14,8	15,0
		100,0

Boussingault schließt aus den Resultaten dieser Analyse, daß das Asphalten durch Oxydation aus dem Petrolen, $C_{20}H_{32}$, entstanden ist.

R. Kayser[1]) hat die Untersuchung des Asphalts von Pechelbronn wieder aufgenommen. Er konnte im wesentlichen die Angaben von Boussingault bestätigen, macht aber darauf aufmerksam, daß letzterer den beträchtlichen Schwefelgehalt des Asphalts übersehen hat. Die richtige Formel für das Asphalten ergibt sich aus nachstehenden Analysen:

					$C_{25}H_{40}S_2$
Kohlenstoff . . .	74,01	73,93	—	—	74,25
Wasserstoff . . .	10,23	10,31	—	—	9,90
Schwefel	—	—	14,58	14,82	15,85
					100,00

Eine Bildung des Asphaltens aus Petrolen durch Oxydation ist sonach ausgeschlossen. Kayser betrachtet den Bergteer von Pechelbronn als Auflösung eines geschwefelten, festen Kohlenwasserstoffs, des Asphaltens, in einem schwefelfreien flüssigen Kohlenwasserstoff, dem Petrolen, in welcher letzterer in überwiegendem Maße vorhanden ist. Nach C. Engler[2]) müssen indessen alle diese Produkte schon als Zersetzungsprodukte der ursprünglichen Asphaltbestandteile, als welche verschiedene harzige und bituminöse Stoffe anzusehen sind, aufgefaßt werden.

Wird das Asphalten nur wenige Grade über seinen Schmelzpunkt (300°) erhitzt, so tritt nach Kayser bereits Zersetzung ein, deren Produkte teils flüssige, ölartige Substanzen, teils gasförmig entweichender Schwefelwasserstoff sind. Völckel[3]) hat die Produkte der trockenen Destillation des Bergteers aus dem Val de Travers näher untersucht. Das mit Kalilauge gewaschene und darauf mit Wasserdampf übergetriebene Rohöl wurde mit konzentrierter Schwefelsäure behandelt und wiederholt rektifiziert. Dabei wurden folgende Fraktionen erhalten, deren Siedepunkte, spezifische Gewichte und Zusammensetzung die unten stehenden Zahlen angeben:

[1]) loc. cit., S. 19. — [2]) Ladenburgs Handwörterbuch der Chemie 2, 54. — [3]) Ann. Chem. Pharm. 87, 139.

	I	II		III	IV	V	VI
Siedepunkt .	90—120°	120—150°		150—180°	180—200°	200—220°	220—250°
Spez. Gewicht	0,784	0,790		0,802	0,817	0,845	0,867
Kohlenstoff .	87,56	87,59	87,56	87,31	87,34	87,48	87,40
Wasserstoff .	12,34	12,30	12,50	12,59	12,69	12,60	12,40

Diese Öle haben somit alle die gleiche prozentische Zusammensetzung, welche sich durch die Formel $n(C_6H_{10})$ ausdrücken läßt; man bemerkt auch, daß ihre Zusammensetzung annähernd dieselbe ist, wie diejenige des Petrolens. Es kann nicht auffallend erscheinen, daß in diesen Destillationsprodukten ein Gehalt von Schwefel nicht zu bemerken ist, der doch sicher in dem Rohprodukt nicht gefehlt hat, aber jedenfalls infolge pyrogener Zersetzung bei der Destillation in Form von Schwefelwasserstoff gänzlich abgespaltet worden ist. Zu ähnlichen Resultaten gelangte Delachanal[1]) bei der Untersuchung eines Asphalts vom Toten Meer mit einem Gehalt von ungefähr 3 Proz. Schwefel. Bei der Destillation entwickeln sich anfangs massenhaft Schwefelwasserstoff und gasförmige Kohlenwasserstoffe, während ein dunkelgefärbtes Öl übergeht, das bei der Rektifikation farblose Öle vom Siedepunkt 110 bis 360° liefert, die den Destillationsprodukten des natürlichen Erdöls ähnlich sind.

R. Kayser[2]) hat die Produkte der trockenen Destillation des syrischen Asphalts, sowie des Erdpechs von Trinidad untersucht. Beim Erhitzen dieser Asphalte in zerkleinertem Zustande über ihren Schmelzpunkt tritt eine Zersetzung ein, und es destilliert unter Entweichen von Schwefelwasserstoff ein Öl über, dessen Menge bei syrischem Asphalt 46, bei Trinidad-Asphalt 50 Proz. vom angewandten Rohmaterial beträgt. Dabei entweichen bei syrischem Asphalt 6 Proz. des im Rohmaterial vorhandenen Schwefels in Form von Schwefelwasserstoff. Die Destillation wurde so lange fortgesetzt, als noch Öltropfen übergingen, so daß zuletzt nur eine poröse, aufgeblähte Kohle in der Retorte zurückblieb.

Das Destillationsprodukt bildet ein bräunlich gelbes Öl von unangenehmem, knoblauchartigem Geruch und starkem Lichtbrechungsvermögen, das Schwefel, Kautschuk, Guttapercha und Asphalt schon in der Kälte, leichter beim Erwärmen löste. Die Analyse des rohen Öls ergab folgende Zahlen:

	Syrischer Asphalt	Trinidad-Asphalt
Kohlenstoff	80,68 Proz.	80,43 Proz.
Wasserstoff	12,09 „	12,24 „
Schwefel (als $BaSO_4$) . . .	6,68 „	7,01 „

Aus dem Destillationsprodukt des syrischen Asphalts konnte durch fraktionierte Destillation eine größere Anzahl von Flüssigkeiten mit konstantem Siedepunkt erhalten werden. Sie zeigten sämtlich eine wasserhelle, strohgelbe

[1]) Compt. rend. 97, 491. — [2]) loc. cit., S. 10 und 16.

bis bräunlichgelbe Farbe, waren von scharfem, widerlich knoblauchartigem Geruch und starkem Lichtbrechungsvermögen. Aus den erhaltenen analytischen Resultaten der einzelnen Fraktionen ergeben sich folgende Formeln für die Zusammensetzung derselben:

Fraktionen	Siedepunkt	Formel	
I	96°	$C_{12}H_{24}S$	$C_nH_{2n}S$
II	158°	$C_{39}H_{70}S$	$C_nH_{2n-8}S$
III	170°	$C_{38}H_{66}S$	$C_nH_{2n-10}S$
IV	188°	$C_{40}H_{68}S$	$C_nH_{2n-12}S$
V	221°	$C_{36}H_{58}S$	$C_nH_{2n-14}S$
VI	225°	$C_{35}H_{58}S$	$C_nH_{2n-12}S$
VII	229°	$C_{36}H_{58}S$	$C_nH_{2n-14}S$
VIII	233°	$C_{36}H_{56}S$	$C_nH_{2n-16}S$
IX	240°	$C_{36}H_{56}S$	$C_nH_{2n-16}S$
X	265°	$C_{36}H_{54}S$	$C_nH_{2n-18}S$

Man darf wohl kaum annehmen, daß diese Flüssigkeiten schon einheitliche Körper gewesen sind. Kayser vermutet, daß sie in einem gewissen Zusammenhang stehen mit dem von Anderson[1]) durch Destillation von oleinhaltigen Fetten, am besten Leinöl, mit Schwefel erhaltenen sogenannten Schwefelodmyl, das einen ähnlichen Geruch besitzt, und dem die empirische Formel C_4H_8S zukommt. Kolbe[2]) betrachtet dasselbe als eine Schwefelbutylverbindung und vermutet, daß es zu dem Butylen in einer ähnlichen Beziehung steht, wie die Schwefelallylverbindungen zum Allylwasserstoff. Auch mit den von Hlasiwetz[3]) durch Destillation von Asa foetida mit Wasser erhaltenen Öl zeigen diese Destillate in bezug auf Geruch und Zusammensetzung eine große Ähnlichkeit; dies Öl ist ein Gemenge von $C_{12}H_{22}S$ und $C_{12}H_{22}S_2$, das gleichfalls den penetranten, festhaftenden Geruch des Knoblauchs zeigt. Kolbe[4]) ist geneigt, das Radikal desselben, $C_{12}H_{22}$, als isomer oder identisch mit dem Caproyl anzunehmen.

C. Meinecke[5]) hat gleichfalls verschiedene Asphalte der trockenen Destillation unterworfen, ohne indessen die Destillationsprodukte weiter als in bezug auf ihre Mengenverhältnisse bis zu gewissen Siedepunkten zu untersuchen. Als Vergleichsobjekt für die anderen Asphalte diente ihm ein reiner syrischer Asphalt, welcher enthielt:

Mineralbestandteile	0,15 Proz.
Bitumen	99,85 „

[1]) Journ. f. prakt. Chem. 42, 1. — [2]) Ausführl. Lehrbuch d. organ. Chem. 1854, 1, 387. — [3]) Ann. Chem. Pharm. 71, 23. — [4]) loc. cit. 3, 325 u. 378. — [5]) Chem.-techn. Untersuchung über Trinidad-Goudron, Wiesbaden 1895. Verlag von Mattar u. Gaßmus, S. 15 u. f.

Bei der fraktionierten Destillation desselben gingen über:

bis 115°	8,0 Proz.
160 bis 200°	19,0 „
200 „ 280°	39,0 „
mithin destillierbar	66,0 Proz.
nicht destillierbar	34,0 „
	100,0

Auf das Bitumen gerechnet sind demnach

66,1 Proz. destillierbar,
33,9 „ nicht destillierbar.

Die einzelnen Fraktionen betragen in Prozenten ausgedrückt auf

	das flüchtige Bitumen	das Gesamtbitumen
bis 115°	12,12 Proz.	8,01 Proz.
160 bis 200°	28,79 „	19,03 „
200 „ 280°	59,09 „	39,06 „
nicht destillierbar	— „	33,90 „
	100,00	100,00

Ein Trinidad-Asphalt-Epuré von folgender Zusammensetzung:

Mineralische Bestandteile		39,61 Proz.
Bitumen		60,39 „
Davon benzollöslich	53,47 =	88,54 „
„ unlöslich	6,92 =	14,46 „

der Destillation unterworfen ergab

bis 100°	12,5 Proz.
bei etwa 200°	9,0 „
215 bis 270°	10,5 „
über 300°	5,0 „
mithin destillierbar	37,0 Proz.
nicht destillierbar	63,0 „
	100,0

Vom Bitumen sind demnach

61,27 Proz. destillierbar,
38,73 „ nicht destillierbar.

Die Fraktionen betrugen in Prozenten ausgedrückt auf

	das flüchtige Bitumen	das lösliche Bitumen	das Gesamtbitumen
bis 100°	33,79 Proz.	23,38 Proz.	20,70 Proz.
bei etwa 200°	24,33 „	16,83 „	14,90 „
215 bis 270°	28,37 „	19,64 „	17,39 „
über 300°	13,51 „	9,35 „	8,28 „
nicht destillierbar	— „	30,80 „	38,73 „
	100,0	100,0	100,0

Ein anderer Trinidad-Asphalt von der Zusammensetzung:

Mineralbestandteile	36,31 Proz.
Bitumen	63,69 „
	100,00

lieferte bei der fraktionierten Destillation

bis 110°	17,4 Proz.
200 bis 225°	6,0 „
260°	8,0 „
über 300°	6,0 „
mithin destillierbar	37,4 Proz.
nicht destillierbar	62,6 „
	100,00

Vom Bitumen sind daher 58,72 Proz. destillierbar und 41,26 Proz. nicht destillierbar. Die Fraktionen betragen in Prozenten ausgedrückt auf

	das flüchtige Bitumen	das Bitumen überhaupt
bis 110° . . .	46,52 Proz.	27,32 Proz.
200 bis 225° . .	16,04 „	9,42 „
260°	21,39 „	12,56 „
über 300° . . .	16,04 „	9,42 „
nicht destillierbar .	— „	41,28 „
	99,99	100,00

Ein sehr reiner amerikanischer Asphalt, der wahrscheinlich aus Peru stammte und als Ersatz des syrischen Asphalts verwendet wird, enthielt:

Mineralbestandteile	0,45 Proz.
Bitumen	99,55 „
	100,00

Bei der fraktionierten Destillation, die nicht zu Ende geführt werden konnte, gingen über:

bis 100°	5,1 Proz.
bis 130°	30,0 „

Die Destillation wurde bei sämtlichen Proben so lange fortgesetzt, bis durch einen Teclu-Brenner nichts mehr überzutreiben war.

Nach H. Endemann[1]) bestehen die zum Pflastern geeigneten Asphalte aus Sauerstoffverbindungen, welche er als Asphalten und aus Kohlenwasserstoffen, welche er als Petrolen bezeichnet; er teilt also ganz die Anschauungen von Boussingault. Das Petrolen enthält flüchtige, flüssige Kohlenwasserstoffe, welche chemisch inaktiv sind und im Asphalt die Rolle spielen, ihn zu erweichen und ihm Elastizität zu geben. Das sauerstoffhaltige Asphalten oxydiert sich an der Luft beim Erhitzen auf 250° weiter und überzieht sich dabei mit

[1]) Journ. Soc. Chem. Ind. 15, 222—298; 16, 121—126; 17, 1003.

einer Kruste eines festen Oxydationsprodukts von der Zusammensetzung $C_{26}H_{26}O_4$, der Asphaltinsäure; diese ist spröde, läßt sich leicht pulverisieren und ist in Natronlauge unter weiterer Oxydation, wenn auch langsam, löslich. Rascher erfolgt die Lösung bei gleichzeitigem Einleiten von Luft. Aus der tiefbraunen Lösung fällt beim Zusatz von Säuren ein brauner Niederschlag, der in reinem Wasser löslich, unlöslich dagegen in salzhaltigem Wasser ist und sich in Ammoniak unter Wärmeentwickelung löst. Dieser Substanz, die Endemann als Asphaltulminsäure bezeichnet, kommt die Zusammensetzung $C_{26}H_{20}O_{12}$ zu; sie bildet ein unkristallisierbares Kupfersalz mit 13,9 Proz. Kupfer, das aber wahrscheinlich auch noch basische Salze enthält.

Den flüssigen Asphalten, so z. B. einer Malthe von Texas, kann man nach Endemann durch Destillation im Kohlensäurestrom das Petrolen entziehen. Von diesem geht ungefähr ein Drittel bei der Destillation zwischen 260 bis 320° über und besitzt starken Asphaltgeruch, während die höher siedenden Anteile fast geruchlos sind. Die Kohlenwasserstoffe des Petrolens besitzen die allgemeine Formel C_nH_{2n-4}, und enthalten auch Paraffin. Der bei der Destillation im Kohlensäurestrom hinterbleibende Rückstand zeigte einen Sauerstoffgehalt von 2 Proz., obgleich die verwendete Malthe sauerstofffrei war (?). Bei der Destillation der Malthe im Vakuum, Auskochen des Rückstandes mit Alkohol und Umlösen des Alkoholextrakts in Äther hinterbleibt eine gummiartige, geruchlose Masse, die heller als Asphalten ist, die Zusammensetzung $C_{26}H_{38}$ besitzt und von Endemann als Asphaltogen bezeichnet wird.

Das Asphaltogen ist bei gewöhnlicher Temperatur fest, schmilzt schon auf dem Wasserbade, ist bei 250° noch nicht flüchtig und in Äther löslich, während das Asphalten in letzterem unlöslich ist. Beim Erhitzen an der Luft oxydiert es sich bei 250° zu Asphaltinsäure, $C_{26}H_{26}O_4$. Die Asphaltinsäure entsteht durch Oxydation sowohl aus dem Asphalten als auch aus dem Asphaltogen. Letzteres ist nach Endemann auch in den Petroleumrückständen enthalten; dadurch, daß es sich leichter als das Asphalten mit Sauerstoff verbindet, schützt es dieses vor der Oxydation.

Asphaltin ist der in Terpentinöl und Chloroform lösliche Teil des Asphalts, welcher nach Endemann die Zusammensetzung $C_{26}H_{36}$ besitzt. Nach Laura A. Lynton[1]) weisen nicht nur die älteren Varietäten des Asphalts einen größeren Gehalt an Asphaltin auf, sondern es wird der in Terpentinöl lösliche Teil des Asphaltins geringer, während der in Chloroform lösliche zunimmt; es scheint daher, als ob die Menge des in Terpentinöl löslichen Teils das Alter der verschiedenen Varietäten anzeigt. Ein Asphalt der einen Gehalt von 33 Proz. Asphaltin zeigte, ergab Endemann bei Behandeln mit rauchender Schwefelsäure 8 Proz. Paraffin.

Die Richtigkeit der Angaben Endemanns über den Sauerstoffgehalt des Asphalts werden von Clifford Richardson[2]) bezweifelt mit dem Hinweis darauf, daß alle Asphaltsorten auch Schwefel und Stickstoff enthalten. Endemann bleibt aber dabei, daß die von ihm untersuchten Asphaltsorten

[1]) Chem.-Ztg. 1896, S. 63. — [2]) Chem. Zentralbl. 1897, 1, 784.

frei von Schwefel und Stickstoff waren und neben Kohlenstoff und Wasserstoff nur noch Sauerstoff enthielten. Im Hinblick auf die Tatsache, daß alle neueren Analysen über Asphalte verschiedener Herkunft stets einen teilweise sehr beträchtlichen Schwefelgehalt aufweisen, bleibt diese vereinzelte Behauptung von Endemann, die nur mit den Resultaten älterer Forscher in Einklang zu bringen ist, nicht recht verständlich, namentlich auch mit Rücksicht darauf, daß dem Gehalt des Asphalts an Schwefel ein nicht unwesentlicher Einfluß auf dessen physikalische Eigenschaften zugeschrieben werden muß.

S. F. und H. E. Peckham [1]) behandelten ein Residuum, das sie aus Asphalt nach dem Abtreiben der leichten Bestandteile erhalten hatten, mit Schwefel bei 205°, bis kein Schwefelwasserstoff mehr entwich. Beim Nitrieren des Reaktionsprodukts konnten sie Styphninsäure (Dioxytrinitrobenzol) daraus erhalten, während das nicht der Einwirkung des Schwefels ausgesetzte Produkt diesen Körper beim Nitrieren nicht gab, also keinen aromatischen Kern aufzuweisen hatte. In der Sodasalpeterschmelze zeigte das mit Schwefel behandelte Produkt nur einen ganz geringen Schwefelgehalt; der Schwefel war also fast vollständig mit dem Wasserstoff des Asphalts verbrannt.

Bekanntlich [2]) geben auch gewisse Gummiharze und Schleimharze, welche in der Kalischmelze Resorzin liefern, beim Kochen mit konzentrierter Salpetersäure Trinitroresorzin (Styphninsäure). Der Teil des mit Schwefel behandelten Asphalts, der beim Nitrieren Styphninsäure liefert, scheint daher zu diesen in einem gewissen Verhältnis zu stehen.

Auf einem anderen Wege suchte Kayser [3]) eine Trennung der einzelnen Bestandteile des Asphalts herbeizuführen. Bei der Prüfung der Löslichkeitsverhältnisse der von ihm untersuchten Asphalte in verschiedenen Lösungsmitteln fand er, daß dieselben sehr verschieden waren, und daß auch die bei verschiedenen Lösungsmitteln in Lösung gegangenen Körper unter sich sehr verschiedene Eigenschaften zeigten. Besonders auffällig trat dieser Umstand hervor bei der sukzessiven Behandlung der Asphalte mit Alkohol, Äther und Chloroform.

Beim Erschöpfen mit Alkohol (spez. Gew. 0,835) in der Siedhitze ergab syrischer Asphalt 4 Proz. und Trinidad-Asphalt 5 Proz. eines gelben, öligen Extrakts; der erschöpfte Rückstand lieferte bei einer darauf folgenden Extraktion mit Äther bei syrischem Asphalt 44 Proz. einer braunschwarzen, harzartigen Masse vom Schmelzpunkt 65°, während Trinidad-Asphalt 57 Proz. eines ähnlichen, bei 54° schmelzenden Körpers lieferte. Asphalt von Pechelbronn löst sich ebenfalls teilweise in Alkohol, aber fast vollständig in Äther. Der Asphalt von Maracaibo ist nur sehr wenig löslich in Alkohol, aber zum größten Teil in Äther und Benzol, und vollständig löslich in Chloroform, Terpentinöl und Petroleum; dieselben Löslichkeitsverhältnisse besitzt auch der Asphalt von Barbadoes. Der in Äther unlösliche Teil des Asphalts von Syrien bildet eine harzartige, sehr spröde und glänzend schwarze, in Chloroform gänzlich lösliche, geruchlose Masse vom Schmelzpunkt 156°, während der Schmelzpunkt des auf

[1]) Ann. Soc. Chem. Ind. 1897, p. 996. — [2]) Böttger und Will, Ann. Chem. Pharm. 58, 273. — [3]) loc. cit.

gleiche Weise aus Trinidad-Asphalt erhaltenen, aus Chloroform ungelösten Rückstands bei 150° liegt.

Die aus den verdampften Lösungen gewonnenen Rückstände zeigten folgende elementare Zusammensetzung:

Asphaltsorte	C	H	S
Alkoholextrakt			
Syrischer Asphalt	82,33	10,33	6,96
Trinidad- „	78,65	10,26	10,62
Ätherextrakt			
Syrischer Asphalt	80,17	8,87	9,78
Trinidad- „	80,50	10,20	9,42
Barbadoes- „	87,35	12,50	—
Maracaibo- „	—	—	6,88
Rückstand			
Syrischer Asphalt	78,44	8,81	13,08
Trinidad- „	78,49	8,72	12,89
Pechelbronn- „	73,97	10,27	14,70
Maracaibc- „	—	—	11,49
Barbadoes- „	—	—	11,09

Beim Vergleich der Zusammensetzung dieser Extrakte unter sich findet man, daß die an Schwefel reichsten Bestandteile sich in dem in Alkohol und Äther unlöslichen Rückstand konzentrieren. Selbst die an Schwefel verhältnismäßig armen Asphalte von Pechelbronn und Barbadoes liefern sehr schwefelreiche Rückstände. Auffällig erscheint die gänzliche Abwesenheit des Schwefels im ätherischen Auszug des Asphalts von Barbadoes.

Das wesentlichste Resultat dieser Untersuchungen ist die Erkenntnis, daß lediglich Kohlenstoff, Wasserstoff und Schwefel als die konstituierenden Bestandteile der bearbeiteten fünf Asphalte zu betrachten sind. Es ist ferner durch dieselben gelungen, aus den Asphalten drei unter sich verschiedene, einzelne Bestandteile abzuscheiden, aber es muß fraglich erscheinen, ob man dieselben als reine, chemische Individuen betrachten darf. Vermutlich bildet jeder einzelne der isolierten Körper nur eine Gruppe von unter sich verschiedenen, aber im Verhalten gegen Lösungsmittel gleichen Substanzen. Immerhin aber gewinnen wir auf Grund dieser Untersuchungen ein gewisses Bild über die chemische Natur der Asphalte.

Die größte Ähnlichkeit unter sich zeigen die Asphalte von Syrien, Trinidad und Maracaibo. Auf Grund der analytischen Befunde kann man nach Kayser annehmen, daß der syrische Asphalt ein Gemenge von drei Kohlenwasserstoffen oder Kohlenwasserstoffgruppen der allgemeinen Formeln:

$C_n H_{2n-16}$ für den Alkoholextrakt,
$C_n H_{2n-30}$ für den Ätherextrakt,
$C_n H_{2n-8}$ für den in Chloroform löslichen Rückstand

darstellt, in welchen H_2, H_6 und H_4 durch S, S_3 und S_2 ersetzt sind. In gleicher Weise kann man für den Asphalt aus Trinidad folgendes Schema aufstellen:

$C_n H_{2n-8}$ für den Alkoholextrakt,
$C_n H_{2n-10}$ für den Ätherextrakt und
$C_n H_{2n-16}$ für den in Chloroform löslichen Rückstand,

wo dann im alkoholischen und ätherischen Auszug je H_2 durch S, im Rückstand aber H_4 durch S_2 substituiert sind. Der Asphalt von Pechelbronn ist als eine Auflösung eines derartigen, geschwefelten, festen Kohlenwasserstoffs in einem flüssigen, schwefelfreien anzusehen, während der von Barbadoes als ein Gemisch fester, geschwefelter und ungeschwefelter Kohlenwasserstoffe zu betrachten sein wird.

Ob auch andere Asphalte die gleichen oder ähnliche Verhältnisse aufzuweisen haben, muß dahin gestellt bleiben. Jedenfalls aber zeigen die Untersuchungen von Kayser, daß sowohl schwefelhaltige als auch schwefelfreie Substanzen an der Konstitution des Asphalts teilnehmen. Die, besonders in der neuesten Zeit, wieder viel umstrittene Frage, ob der in den meisten Asphalten nachgewiesene, meist recht beträchtliche Prozentgehalt an Schwefel nur als eine zufällige Verunreinigung zu betrachten, oder ob ihm eine konstituierende Rolle zugesprochen werden muß, erscheint im Hinblick auf den Asphalt von Barbadoes, sowie die neuerlichen Untersuchungen von G. Kraemer (vgl. S. 76) noch nicht spruchreif und erfordert weiteres, eingehendes Studium.

Nach Clifford Richardson [1]), der sich besonders um die Kenntnis der Natur des Trinidad-Asphalts verdient gemacht hat, kommt den Kohlenwasserstoffen dieses Bitumens im allgemeinen die Zusammensetzung $C_n H_{2n}$ zu. Sie polymerisieren sich leicht bei gewöhnlicher Temperatur; bei der Behandlung mit Aluminiumchlorid nach Heusler entstehen daraus keine Paraffine, welche auch nicht in den Asphaltölen vorhanden sind.

Nach ihm besteht der Asphalt aus ungesättigten Kohlenwasserstoffen und deren Schwefelderivaten, nebst einer kleinen Menge von stickstoffhaltigen Substanzen; er ist hart und schmilzt beim Erhitzen zu einer zähen Flüssigkeit. Die Malthe ist ein weiches Bitumen, das beim Erhitzen Asphalt hinterläßt und auch von selbst sich nach und nach in Asphalt verwandelt. Sie enthält weit weniger Schwefel als der Asphalt. Von letzterem ist nur ein sehr kleiner Teil im Vakuum flüchtig. Er wird durch Lösungsmittel in eine ölige Substanz und eine harte, spröde Masse zerlegt, die nur unter Zersetzung schmilzt und in der weichen, öligen Masse löslich ist. Die härtesten Bestandteile des Asphalts enthalten den meisten Schwefel und sind wahrscheinlich durch Einwirkung des Schwefels auf die weicheren Bestandteile entstanden. Der nur in Chloroform und Schwefelkohlenstoff lösliche Anteil des Asphalts wird von Schwefelsäure vollkommen gelöst und enthält mithin keine Paraffine; die nur in Naphta löslichen Bestandteile des Asphalts können zum größten Teil im Vakuum verflüchtigt werden. Die leichteren Bestandteile dieses Destillats enthalten wenigstens zwei Klassen stark ungesättigter Kohlenwasserstoffe, solche, die durch die Wirkung der Schwefelsäure verharzen und solche, die nicht davon

[1]) Journ. Soc. Chem. Ind. **17**. 13. Chem. Zentralbl. 1898, **1**, 687.

angegriffen werden, dann aber auch Schwefelverbindungen, die teilweise durch Quecksilberchloridlösung gefällt werden und teilweise aus ihrer Verbindung mit Schwefelsäure durch Wasserdampf abgeschieden werden.

Die durch Schwefelsäure verharzenden Kohlenwasserstoffe enthalten wahrscheinlich auch aromatische Verbindungen. Die nicht von Schwefelsäure angegriffenen Kohlenwasserstoffe haben im Vergleich zu ihrem Siedepunkt und ihrem Molekulargewicht ein sehr hohes spezifisches Gewicht und starkes Lichtbrechungsvermögen; sie entsprechen keiner bekannten Reihe von Kohlenwasserstoffen mit offener Kette und haben ein höheres spezifisches Gewicht als die Naphtene vom gleichen Molekulargewicht. In den Asphalten steigt der Gehalt an diesen Kohlenwasserstoffen bis zu 30 Prozent, in den Malthen ist er meistens weit größer.

Wenn wir am Schlusse dieses Kapitels die Resultate der darin wiedergegebenen Arbeiten überblicken, so finden wir, daß dieselben im Grunde genommen noch recht dürftige sind; es wäre im Interesse von Wissenschaft und Technik in gleicher Weise erwünscht, daß auch die Natur des Asphalts und seine Entstehungsweise eine gleich eingehende und systematische wissenschaftliche Behandlung erfahren möchten, wie sie, namentlich in den letzten zwanzig Jahren, seinem Stammesgenossen, dem Erdöl, in so reichem Maße zuteil geworden ist. Ist doch der Asphalt schon an sich ein so interessantes, und für viele Industrien geradezu unentbehrlich gewordenes Material, daß seine genaue Kenntnis im höchsten Grade wünschenswert erscheinen muß. An nötigem Rohmaterial zu derartigen Untersuchungen sowie an wissenschaftlich interessanten und technisch wertvollen Aufschlüssen, die solche Arbeiten liefern würden, dürfte es dabei nicht fehlen. Ist doch, um nur eines anzuführen, E. Donath[1]) bei seinen interessanten Untersuchungen über die Entstehung und die Natur der Steinkohlen zu der Überzeugung gelangt, daß nur ein eingehendes Studium des Asphalts eine wissenschaftliche Erforschung der Steinkohle ermöglicht, welche heute noch den größten Schwierigkeiten begegnet. Die auf S. 76 angeführten Anschauungen Kraemers dürften den Weg zeigen, auf dem hier mit Erfolg vorgegangen werden kann.

---

[1]) Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 50, 15, 29 u. 46.

Fünftes Kapitel.

Der künstliche Asphalt, seine Entstehung, Eigenschaften und Zusammensetzung.

Der künstliche Asphalt, wenn wir ihn im Sinne des reinen Bitumens auffassen und von künstlichen Mischungen für irgend welchen Zweck absehen, ist fast immer das Nebenprodukt eines Destillationsprozesses, und man hat auch aus diesem Grunde die Entstehung des natürlichen Asphalts auf einen gleichen, in der Natur sich abspielenden Prozeß von mancher Seite zurückgeführt. Unter Destillation versteht man bekanntlich die Überführung eines festen oder flüssigen Körpers durch Wärmezufuhr in den Dampfzustand und darauffolgende Wiederverdichtung der Dämpfe durch Abkühlung in den flüssigen.

Man weiß, daß nicht alle organischen Flüssigkeiten bei der Destillation unzersetzt flüchtig sind. Bei manchen derselben, namentlich solchen von komplizierterer Zusammensetzung, tritt durch die Wirkung der höheren Temperatur eine tiefgreifende Spaltung ein: es entweichen unkondensierbare Gase, und das flüssige Destillat zeigt ganz andere physikalische und chemische Eigenschaften als das ursprüngliche Material. Dabei bleibt im Destillationsgefäß ein Rückstand, der verschiedene Eigenschaften zeigen kann, je nach dem Grade der Zersetzung oder dem Zeitpunkt, wann die Destillation unterbrochen worden ist. Er ist weich oder mehr oder weniger spröde, asphaltartig und unter Umständen löslich in den gebräuchlichen Lösungsmitteln bei nicht zu weitgehender, oder koksartig und unlöslich in allen Lösungsmitteln bei bis zu Ende geführter Zersetzung. Immer bildet er im Vergleich zum Ausgangsmaterial ein Produkt, in dem der Kohlenstoff sich in hohem Maße gehäuft, sogar teilweise in fast reiner Form ausgeschieden hat.

Ein derartiges Beispiel bietet das Cassiaöl, das in der Hauptsache aus Zimmtsäurealdehyd besteht und sich nach Hirschsohn[1]) bei der Destillation zersetzt unter Bildung von Wasser, Phenol, Essigsäure und einem xylolähnlichen Kohlenwasserstoff unter Hinterlassung von mehr als 50 Proz. eines dem

---

[1]) Pharm. Zeitschr. f. Rußland 1890, 29, 692.

Asphalt sehr ähnlichen, und wie Hirschsohn vermutet, damit wahrscheinlich identischen Rückstandes.

Die Industrie bietet wenig Beispiele, in welchen bei der Destillation eines an und für sich schon ziemlich reinen Körpers ein derartiges Abfallprodukt entsteht, welches als Substitut für natürlichen Asphalt verwendet werden könnte. Außer der zum Zwecke der Seifen- und Kerzenfabrikation in großem Maßstab betriebenen Destillation der Fettsäuren, speziell des Stearins, welche das sogen. Stearinpech liefert, ist uns kein anderer derartiger Fall bekannt.

Bei weitem die größten Mengen der als künstlicher Asphalt in Frage kommenden Nebenprodukte liefern die Produkte der trockenen Destillation der fossilen Brennstoffe (Steinkohle und Braunkohle), sowie die Destillation des Erdöls. Unter dem Prozeß der trockenen Destillation versteht man die Erhitzung eines organischen Körpers bei Luftabschluß bis zur Zersetzung und Hinterlassung eines festen, trockenen Rückstandes. Diese Art der Destillation erfolgt also schon von vornherein in der Absicht, die Körper zu zersetzen. Die organischen Körper liefern bei diesem Prozeß samt und sonders permanente Gase, ein kondensierbares Destillat und einen festen Rückstand, den sogen. Koks, von denen ein jeder das Hauptprodukt bilden kann, dessen Erzeugung dem Prozeß zu Grunde liegt.

So werden z. B. die Steinkohlen in den Retorten der Gasanstalten zum Zwecke der Leuchtgasbereitung und in den Koksöfen der Kokereien behufs Herstellung von Gaskoks destilliert; als wertvolle Nebenprodukte gewinnt man dabei im ersten Falle Koks, im zweiten Falle Gas, welches zur Heizung und Krafterzeugung, neuerdings auch zur Beleuchtung Verwendung findet, in beiden Fällen aber neben ammoniakalischem Wasser eine dunkelgefärbte, ölige Flüssigkeit, den sogen. Steinkohlenteer. Leuchtgas und Koks sind also die Hauptprodukte, auf deren Erzeugung man bei der Destillation der Steinkohle hinarbeitet; niemals wird diese Destillation um des Teeres willen vorgenommen, der stets ein, wenn auch willkommenes, Nebenprodukt bleiben wird.

Anders liegen die Verhältnisse bei der trockenen Destillation der Braunkohlen. Dieser Prozeß, der ausschließlich in den sogen. Teerschwelereien ausgeführt wird, liefert gleichfalls neben einem brennbaren, in der Regel zum Heizen der Schwelretorten verwendeten Gas und einem festen kohligen Rückstand, dem sogen. Grudekoks, einen von schwach ammoniakalischem, technisch wertlosem Wasser begleiteten Teer von butterartiger Konsistenz und braungelber Farbe, den sogen. Braunkohlenteer. Aber hier ist der Teer, als Grundlage der Paraffin- und Mineralöl-Industrie, das Hauptprodukt, gegen dessen Wert derjenige der Nebenprodukte zusammengenommen gänzlich verschwindet.

Ebenso wie der Braunkohlenteer ist auch der Steinkohlenteer der Gegenstand industrieller Verarbeitung im großartigsten Maßstabe und gibt in seinen wertvollsten Bestandteilen, den Benzolen, dem Naphtalin und Anthrazen, sowie der Karbolsäure die Basis für die hochentwickelte Industrie der Teerfarbstoffe und der künstlichen Arzneimittel. In den Nebenprodukten der Industrie des Steinkohlenteers und Braunkohlenteers im Verein mit denen der Verarbeitung des Erdöls besitzen wir aber die allein in Betracht kommenden Quellen für

den künstlichen Asphalt. In der Industrie werden zwar auch noch andere organische Substanzen zum Zwecke der Nutzbarmachung der trockenen Destillation unterworfen, z. B. Holz, Torf, Knochen, bituminöse Schiefer usw., aber deren Teere liefern keine Nebenprodukte, die für die Verwendung als Asphaltsurrogate in Frage kommen können.

Die allgemeinen Eigenschaften der Teere sind bekannt; es sind mehr oder weniger dickflüssige, ölige, bituminöse Körper von eigentümlichem Geruch und hellbrauner bis schwarzer Farbe, bald leichter, bald schwerer als Wasser, welche beim Anzünden mit stark russender Flamme unter Hinterlassung einer aufgeblähten Kohle verbrennen. Beim Destillieren liefern sie Öle und hinterlassen in der Regel einen asphaltartigen oder bei fortgeschrittener Destillation koksartigen Rückstand. Wenn wir damit die allgemeinen Eigenschaften der in der Natur vorkommenden Bitumina, des rohen Erdöls, des Bergteers und des natürlichen Asphalts vergleichen, so finden wir eine merkwürdige Übereinstimmung und wir können es jetzt leicht begreifen, wie auf Grund dieser Übereinstimmung früher die irrtümliche Anschauung Platz greifen konnte, daß die natürlichen Bitumina aus den fossilen Brennstoffen durch einen ähnlichen Prozeß der trockenen Destillation im großartigsten Maßstabe, der durch die Erdwärme oder lokale Erdbrände hervorgerufen sein konnte, entstanden seien.

Es kann nicht Aufgabe dieses Werkes sein, die Gewinnung der künstlichen Asphalte aus Steinkohlenteer, Braunkohlenteer und dem Destillationsrückstand des rohen Erdöls, Ozokerits usw. mit allen Einzelheiten eingehend zu beschreiben. Wir besitzen hierüber vortreffliche Spezialwerke [1]), auf deren Inhalt verwiesen werden muß. Hier können wir diesen Gegenstand nur in allgemeinen Zügen streifen und müssen uns darauf beschränken, neben einer kurzen Beschreibung des Verlaufs der Destillation eine Charakteristik der außer dem künstlichen Asphalt dabei entfallenden Produkte zu geben, welche in der Asphaltindustrie sonst noch eine Rolle spielen.

1. Der Asphalt aus Steinkohlenteer.

Außer bei der Leuchtgasbereitung und der Kokerei wird der Steinkohlenteer neuerdings auch noch als Nebenprodukt der Generatorgas- und Hochofenanlagen gewonnen; indessen sind diese Produkte durch ihren hohen Gehalt an mechanisch mitgerissenen anorganischen Bestandteilen so minderwertiger Natur, daß sie für

[1]) „Die Industrie des Steinkohlenteers und Ammoniaks", von Dr. Georg Lunge; 4. Auflage, bearbeitet von Dr. Hippolyt Köhler. Braunschweig 1900, Friedr. Vieweg u. Sohn. — „Die Chemie des Steinkohlenteers", von Dr. Gustav Schultz; 2. Auflage. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn. — „Die Fabrikation der Mineralöle usw.", von Dr. W. Scheithauer. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn. — „Das Erdöl (Petroleum) und seine Verwandten", von Hans Höfer. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn. — „Das Erdöl (Petroleum) und seine Verarbeitung", von Dr. Alexander Veith. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn. — „Die Chemische Technologie der Brennstoffe", von Dr. Ferdinand Fischer. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn. — „Das Erdwachs", Ozokerit und Ceresin, von Dr. Josef Berlinerblau. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn.

unsere Zwecke kaum in Frage kommen können. Wir werden daher hier nur den Teer der beiden ersten Provenienzen berücksichtigen, um so mehr als er auch für die Verarbeitung von Teeren anderer Herkunft typisch ist.

Der Steinkohlenteer der Gasanstalten und Kokereien bildet eine dunkle, meist schwarze Flüssigkeit von ölartiger oder zähflüssiger Beschaffenheit und einem charakteristischen Geruch, welcher durch die Natur seiner Bestandteile bedingt wird. Seine Farbe verdankt er dem Gehalt an sogenanntem „freien Kohlenstoff", d. i. einer hochkondensierten, kohlenwasserstoffartigen Substanz, die aber so arm an Wasserstoff ist, daß man sie unbedenklich als reinen Kohlenstoff ansprechen kann. Das spezifische Gewicht des Steinkohlenteers schwankt mit seiner Konsistenz, bzw. seinem Gehalt an freiem Kohlenstoff von 1,1 bis 1,2.

In der Regel ist der Gasteer der konsistentere und für die Gewinnung des künstlichen Asphalts geeignetere, während der Koksofenteer dünnflüssiger, mehr öliger Natur ist und sich für die Verarbeitung auf Teerdestillate als wertvoller erweist.

Schon durch seine elementare Zusammensetzung erweist sich der Steinkohlenteer als durchaus verschieden von dem ihm in der Konsistenz und den übrigen physikalischen Eigenschaften nahestehenden Bergteer, wie nachstehende Tabelle zeigt:

	C	H	O	S	N	Autor
Teer von London	77,53	6,33	14,50	0,16	1,03	Mills [1])
Teer aus Kannelkohle	85,33	7,33	6,06	0,43	0,85	"
Erdpech Trinidad	78,8	9,3	—	10,0	1,4	Kayser [2])
Bergteer Pechelbronn	86,6	11,4	0,4	1,4	0,3	"

Wir ersehen daraus, daß, während unter den elementaren Bestandteilen des Steinkohlenteers der Sauerstoff eine hervorragende Rolle spielt, dem gegenüber der geringe Schwefelgehalt verschwindet, dies bei den natürlichen Produkten gerade umgekehrt der Fall ist.

Mehr noch zeigt sich diese Verschiedenheit, wenn wir die Natur der den Steinkohlenteer zusammensetzenden Bestandteile im Vergleich zu denen der natürlichen Asphalte betrachten. Während wir es bei den Destillationsprodukten des Steinkohlenteers in der Hauptsache mit Kohlenwasserstoffen der aromatischen Reihe in einfachster bis hochgegliedertster Form und deren Hydroxylderivaten zu tun haben, fehlen diese Körper so gut wie gänzlich unter den Bestandteilen der natürlichen Bitumina.

Nach G. Kraemer [3]), zur Zeit wohl dem besten Kenner des Steinkohlenteers, zeigt der Teer aus deutschen Gasanstalten im Durchschnitt folgende Zusammensetzung:

[1]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1885, p. 326. — [2]) loc. cit. — [3]) Journal für Gasbeleuchtung 1891, S. 225.

Reihe C_nH_{2n-6} (Benzol und Homologe)	2,50	Proz.
„ $C_nH_{2n-7}OH$ (Phenol und Homologe)	2,00	„
„ $C_nH_{2n-7}N$ (Pyridin- und Chinolinbasen)	0,25	„
„ C_nH_{2n-12} (Naphtalin, Acenaphten)	6,00	„
„ C_nH_n (Schwere Öle)	20,00	„
„ C_nH_{2n-8} (Anthrazen, Phenanthren)	2,00	„
„ $C_{2n}H_n$ (Asphalt, lösliche Bestandteile des Pechs)	38,00	„
„ $C_{3n}H_n$ (Kohle, unlösliche Bestandteile des Pechs)	24,00	„
Wasser	4,00	„
Gase (Verlust bei der Destillation)	1,25	„
	100,00	

Der Steinkohlenteer wird in den Teerdestillerien nach vorheriger mechanischer Trennung von dem ihn begleitenden wässerigen Destillat, dem sogen. Gas- oder Ammoniakwasser, in der Regel in stehenden zylindrischen Blasen von 5 bis 25 Tons Füllraum einer ersten Destillation unterworfen, welche innerhalb der angegebenen Siedegrenzen nachstehende einzelne Fraktionen liefert:

	Ungefähre Grenzen der Siedepunkte	Durchschnittliches spez. Gewicht	Ungefähre Mengen des Destillats
Vorlauf	von 80° an	0,9 — 0,925	2 bis 3 Proz.
Leichtöl	„ 170° „	0,995 — 1,0	2 „ 3 „
Karbolöl	„ 210° „	1,015 — 1,025	5 Proz.
Kreosotöl	„ 250° „	1,045 — 1,05	20 „
Anthrazenöl	„ 300° „	1,085 — 1,095	10 „
Pech (Rückstand)	—	1,3	60 „

Die Temperatur in der Teerblase steigt gegen Ende der Destillation, welche von den höher siedenden Ölen ab (Karbolöl oder Kreosotöl) im Vakuum weiter geführt wird, auf annähernd 400° C. Je nachdem man mehr oder weniger der letzten Anteile, welche gerade das wertvollste Produkt des Teers, das Anthrazen, enthalten, abnimmt, ist der Rückstand nach dem Erkalten mehr oder weniger hart: man erhält Weichpech, wenn man die Destillation gerade bis zum Beginn der Anthrazenölperiode treibt, Mittelhartpech, wenn man das Anthrazenöl etwa zur Hälfte und Hartpech, wenn man es ganz abtreibt. In der Regel arbeitet man so, daß man das ganze Anthrazenöl abtreibt und den Rückstand (Hartpech) in der Blase selbst nach einiger Abkühlung durch Einpumpen einer entsprechenden Menge Schweröl, dem das Anthrazen bereits entzogen worden ist, wieder weich macht.

Man hat es ganz in seiner Hand, die Konsistenz des in der Blase verbleibenden Rückstands so zu korrigieren, wie man will, je nach der Menge Schweröl, die man nach beendigter Destillation einpumpt. Häufig wählt man den Ölzusatz so, daß man ein Produkt von der Konsistenz des natürlichen Goudrons erhält, sogen. Steinkohlenteergoudron oder künstlichen

„goudron minérale“, der für manche Asphaltarbeiten verwendet wird, oder man steigert den Zusatz noch mehr, um einen regenerierten Teer, den sogen. „präparierten Teer“ oder „Dachlack“ zu erzielen, der in der Fabrikation der „Asphaltdachpappen“ und zum Anstrich von Pappdächern eine sehr ausgedehnte Verwendung findet. Alle diese Produkte aus künstlichem Steinkohlenteerasphalt werden in jeder gewünschten Beschaffenheit schon in den Teerdestillerien erzeugt und bilden, wie das Pech selbst, Rohprodukte der Industrie des künstlichen Asphalts. Da die meisten Fabriken dieser Industrie, selbst kleinere, ihre eigene Destillerie haben, so liegt es ganz in ihrer Macht, sich Produkte von einer solchen Beschaffenheit schon aus dem Rohteer herzustellen, wie sie für ihre Zwecke am dienlichsten ist. Für sie lohnt es sich bei dem geringen Quantum, das sie verarbeiten, vielfach nicht, die wertvollen Bestandteile, wie Phenole, Naphtalin und Anthrazen aus dem Teer herauszuholen. Sie unterbrechen daher die Destillation, wenn das Wasser und die leichten Öle abgetrieben sind, und erhalten einen sogen. „entwässerten Teer“, der für manche Zwecke, namentlich für die Fabrikation von Asphaltdachpappen, viel wertvoller ist, als der regenerierte oder präparierte, vermutlich weil die Bestandteile des Steinkohlenteers bei der Destillation, namentlich in den höheren Stadien, doch nicht ganz unzersetzt flüchtig sind, oder weil der entwässerte Teer eine größere Trockenfähigkeit besitzt.

Hat man den Teer aber bis auf Pech abgetrieben, so kann man dieses nach beendigter Destillation natürlich nicht sofort ins Freie ablassen, weil es sich bei der hohen Temperatur, die es besitzt, an der Luft entzünden würde. Um nicht durch die notwendige Abkühlung zu viel Zeit zu verlieren, läßt man es aus der Blase nach einigen Stunden in einen längs derselben montierten, mit Luftauslaß versehenen eisernen Kessel treten, aus dem es dann nach einigen weiteren Stunden entweder in Formen abgefüllt, oder bei größeren Destillerien in ausgemauerte Gruben abgelassen wird, aus denen es nach dem Erkalten entweder in geformten Blöcken herausgeschlagen oder mit der Picke ausgehauen wird.

Der Steinkohlenteer liefert demnach durch eine einfache Destillation Produkte, welche den natürlichen Asphalten in gewissen Eigenschaften nahe stehen: im entwässerten oder präparierten (regenerierten) Teer oder Dachlack ein in bezug auf Konsistenz ähnliches Material wie der Bergteer (Malthe), welcher gleichfalls aus natürlichem (Trinidad)- Asphalt und Mineralölen, als sogen. Goudron, künstlich erzeugt wird, und im Pech oder Steinkohlenteerasphalt in seinen verschiedenen Härtegraden Stoffe, welche dem natürlichen Erdpech äußerlich nahe kommen. Aber in ihren sonstigen chemischen und physikalischen Eigenschaften unterscheiden sich diese Produkte doch sehr wesentlich, und meistens nicht zu ihrem Vorteil, von den natürlichen Bitumenen.

Das Steinkohlenteerpech ist im allgemeinen eine harzartige Masse von schwarzer Farbe und muscheligem, mehr oder weniger glänzendem Bruch und verschiedener Sprödigkeit, je nach dem Härtegrad, in dem es abgetrieben, oder auf den es eingestellt worden ist. Sein spezifisches Gewicht schwankt zwischen 1,275 bis 1,3; es ist also wesentlich schwerer wie der reinste (syrische) Asphalt (1,103 Kayser), aber bedeutend leichter als Trinidadasphalt (Erdpech), welcher

ein spezifisches Gewicht von 1,96 (Kayser l. c.), und im raffinierten Zustand, als sogen. Asphalte épurée, von 1,39 bis 1,42 zeigt. Hartes Pech zerfällt beim Zerschlagen in scharfkantige klingende Schollen, welche sehr gut in der Sonne stehen und einen matten Glanz zeigen; mittelweiches Pech läßt sich entschieden schwerer zerschlagen, die Bruchstücke zeigen weniger scharfe Kanten, der Glanz der Bruchflächen ist höher und es sinkt beim Liegen an der Sonne bald zu einer formlosen Masse zusammen; Weichpech dagegen ist zähe und läßt sich nur bei niedrigerer Temperatur in Stücke schlagen, die bei langem Nebeneinanderliegen sich wieder vereinigen. Es zeigt bedeutenden Glanz auf der Bruchfläche und fließt, in der Sonne liegend, bald zu einer träge laufenden Masse von spiegelartigem Glanz zusammen. Es kann aus diesem Grunde überhaupt nicht lose, sondern nur in Fässern versandt werden. Dem entsprechend sind auch die Schmelzpunkte der drei Kategorien verschieden, und zwar zeigen sie folgendes Verhalten:

Weiches Pech erweicht bei 40° und schmilzt bei 50° C;
Mittelhartes Pech erweicht bei 60° und schmilzt bei etwa 70° C;
Hartes Pech erweicht bei 80° und schmilzt bei etwa 90° C.

Auch hierin zeigt sich wieder ein bedeutender Unterschied gegenüber den natürlichen Asphalten, welche nicht unter 130° zu schmelzen beginnen. Bei gewöhnlicher Temperatur zeigt das Steinkohlenteerpech nur einen äußerst schwachen, an Teer erinnernden Geruch, der beim Erwärmen im Tiegel schärfer hervortritt; beim Schmelzen bläht sich das Pech unter Ausstoßen gelber, heftig riechender Dämpfe stark auf und verbrennt schließlich unter Verbreitung starker Rußwolken und Hinterlassung einer porösen, koksartigen Kohle.

Mehr noch tritt diese Verschiedenheit beim Verhalten gegenüber gewissen Lösungsmitteln zutage. Zwar zeigt auch das Steinkohlenteerpech gegenüber den meisten bekannten Lösungsmitteln für Asphalt, wie Schwefelkohlenstoff, Chloroform, Terpentinöl, Benzol, Alkohol, Äther usw. ein nahezu übereinstimmendes Verhalten; aber dieses weicht beträchtlich ab gegenüber den Kohlenwasserstoffen des Erdöls und gewissen fetten Ölen. Während diese die natürlichen Asphalte leicht und gänzlich auflösen, nehmen sie vom Steinkohlenteerpech nur solche Spuren auf, daß sie sich eben damit zu färben vermögen. Auf dieses Verhalten gründet sich die Anwendung des Steinkohlenteerpechs zur Herstellung sogen. ölfester Fußbodenbeläge für solche Fabrikräume, in denen eine größere Vergeudung von Ölen dieser Art unvermeidlich ist.

Natürlich ist dieses indifferente Verhalten des Pechs gegenüber den Petroleumkohlenwasserstoffen nur eine Folge der chemischen Natur seiner Hauptbestandteile, welche aus den am wenigsten flüchtigen Komponenten des Steinkohlenteers, wie Anthrazen, Phenanthren, Chrysen, Pyren, Picen, Karbazol usw., neben einigen sehr wenig bekannten Körpern, wie Bitumen und freiem Kohlenstoff, sich zusammensetzen. Alle diese Körper sind sehr wenig löslich in Petroleum; so z. B. lösen sich bei gewöhnlicher Temperatur in Petroleum vom Siedepunkt 70 bis 100° nach Perkin[1]):

[1]) Chem. Ind. 1879, S. 347.

Anthrazen	0,115 Proz.
Phenanthren	3,206 „
Karbazol	0,016 „

Nach der bereits angeführten Aufstellung von Kraemer über die Bestandteile des Steinkohlenteers kann man annehmen, daß das Pech im großen und ganzen sich zusammensetzt aus etwa 60 Proz. Körpern der Reihe $C_{2n}H_n$, worunter er die löslichen Bestandteile, den eigentlichen Asphalt, verstanden haben will, und etwa 40 Proz. Körpern der Reihe $C_{3n}H_n$, wie Kohle und unlösliche Bestandteile des Pechs. Carnelley[1]), welcher die löslichen Bestandteile des Pechs untersucht hat, nimmt darin zwei verschiedene Bitumene an; das eine, siedend zwischen 427 und 439°, ist leicht in Schwefelkohlenstoff und Benzol, mäßig in Äther löslich und bildet eine schwarze Masse von muscheligem Bruch. Das andere siedet über 439°, erweicht bei 190°, beginnt bei 220° zu schmelzen, ist aber erst bei 320° völlig geschmolzen und ist kaum in Benzol, aber leichter in Schwefelkohlenstoff löslich. Im Äußeren gleicht es ganz dem vorigen. Es ist natürlich ausgeschlossen, daß man diese Substanzen als einheitlicher Natur betrachten darf. Somit wissen wir auch über die chemische Natur der Hauptbestandteile des Pechs so viel wie nichts.

Indessen scheint auch hier der Weg bereits angebahnt zu sein zu einer endgültigen Erkenntnis der Bildung und Natur des Steinkohlenteerpechs. A. Billmann[2]) hat in dem indenhaltigen Destillationsrückstande des Schwerbenzols einen kristallinischen Körper von der Zusammensetzung $C_{18}H_{12}$ gefunden und denselben als Truxen identifiziert. Die Darstellung dieses Körpers durch Hausmann[3]) läßt aber gar keinen Zweifel darüber, daß man sich das im Schwerbenzolrückstande aufgefundene Truxen wohl nur durch einfache Wasserstoffwanderung gebildet zu denken hat:

$$(C_9H_8)_4 = C_{18}H_{12} + 2\,C_9H_{10}.$$

Diese Tatsache legt nach G. Kraemer[4]) die Annahme nahe, „daß ein solches Verhalten den ungesättigten Stoffen überhaupt zukommt und die größere oder geringere Neigung dazu nur von dem Grade des Ungesättigtseins und der Natur der in das Kohlenwasserstoffmolekül etwa noch eintretenden, andersartigen Atome abhängig ist. Dem Vorgange dürfte in der Regel eine Polymerisierung vorangehen; erst bei der durch Erhitzen unterstützten Spaltung tritt dann die intramolekulare Wasserstoffverschiebung ein“.

So gelang es in der Tat, in dem Kumaronpech, dem Destillationsrückstande des Kumaronharzes[5]) Truxen neben anderen, wahrscheinlich truxenartigen Gebilden nachzuweisen. „Es kann aber gar nicht bezweifelt werden, daß auch in dem Braunkohlen- und Steinkohlenteerpech derartige Kondensationsprodukte, wie Truxen, sich auffinden lassen werden und daß somit endlich einmal ein Lichtstrahl in das Dunkel fällt, das bisher die Natur dieser von der chemischen Forschung noch fast unberührt gebliebenen Stoffe umgeben hat.“ Eine Reihe von

[1]) Journ. Chem. Soc. 1880, p. 714. — [2]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1903, S. 644. — [3]) Ebend. 1889, S. 2019. — [4]) Ebend. 1903, S. 645. — [5]) Kraemer u. Spilker, ebend. 1900, S. 2263.

seither noch unaufgeklärt gebliebenen Vorgängen, wie die Verharzung der Terpene, die Spaltung der Kolophoniums zu Harzöl, die Entstehung der Paraffin- und Schmieröle im Erdöl (vgl. S. 76) finden durch diese Anschauung eine plausible Erklärung.

Einigen Aufschluß über die Natur des Pechs geben noch die Produkte der trockenen Destillation desselben, welche früher, als es noch nicht ein so gesuchter Handelsartikel wie heute war, an manchen Orten im großen ausgeführt worden ist. Nach einem Bericht von Behrens[1]) gehen bei der Destillation des Pechs in eisernen Retorten zuerst Wasserdampf, Benzol und flüchtige, naphtalinhaltige Öle vom spez. Gew. 0,97, neben Gasen, worunter namentlich Ammoniak und Wasserstoff, über. Sobald zwei Drittel des Öls überdestilliert sind, tritt Koksbildung ein und die Masse schwillt stark auf. Wenn die Ölbildung zu Ende geht, nehmen auch die leichtsiedenden Kohlenwasserstoffe ab, während die Bildung von Wasserdampf und Gasen noch steigt. Endlich erhält man ein rotgelbes, harziges Produkt, welches nach und nach wieder verschwindet, worauf auch die Gasentwickelung aufhört. Das Resultat der Destillation sind:

25 bis	28	Proz.	Gase (NH_3 und H) und Wasserdampf,
etwa	0,2	Proz.	leichtes Öl,
27 bis	30	„	anthrazen-, chrysen- und pyrenhaltige Öle und sublimiertes Harz und
48 „	52	„	Koks von geringer Kohäsion.

Nach Fenner und Versmann[2]) soll das zwischen 315 bis 370° Übergehende sehr viel Anthrazen, aber wenig Naphtalin oder Chrysen enthalten; vorher, zwischen 260 und 315°, kommt meist Naphtalin, nachher, über 370° hinaus, kommen weniger flüchtige Körper als Anthrazen. Versmann vermutet, daß das Anthrazen im Pech nicht präexistierend ist, sondern erst während der Destillation gebildet wird. Watson Smith[3]) hat beobachtet, daß der Ammoniakgeruch bei der Destillation des Pechs erst nach dem Verkoken, beim Erkalten und auch in trockener Luft auftritt, lange nachdem alle Kohlenwasserstoffe überdestilliert sind, und Alder Wright bemerkte dabei auch den Geruch nach Cyan.

Über die Natur der neben Anthrazen, Chrysen und Naphtalin übergehenden Öle ist leider nichts bekannt; man wird aber nicht fehlgehen, wenn man annimmt, daß sie der Klasse der von Kraemer mit den allgemeinen Formeln C_nH_n und C_nH_{2n-8} belegten Kohlenwasserstoffe angehören. Das Auftreten von beträchtlichen Mengen Wasserdampf neben weniger Ammoniak und Cyan beweist, daß im Steinkohlenteerpech relativ viel Sauerstoffverbindungen (wahrscheinlich Hydroxylderivate von Kohlenwasserstoffen) und auch stickstoffhaltige Substanzen zugegen sind. Daneben finden sich sehr geringe Mengen von Schwefel, von welchem Staveley[4]) im Pechkoks nur 0,11 bis 1,12 Proz. nachweisen konnte.

---

[1]) Dingl. polyt. Journ. 208, 371. — [2]) Lunge-Köhler, Bd. I, S. 427. — [3]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1892, p. 119. — [4]) Chem. News 43, 228.

Die Resultate dieser destruktiven Destillation stehen im Einklang mit einer Analyse von Hartpech, welche Habets[1]) ausgeführt hat und die wir hierunter im Vergleich mit den Analysen von syrischem und einigen anderen Asphalten wiedergeben:

	C	H	O	S	Asche	
Hartpech	75,32	8,90	16,06	—	0,43	Habets
Asphalt vom Toten Meer .	80,0	9,00	—	10,00	—	Boussingault[2])
„ „ Syrien . . .	80,50	9,06	—	10,06	—	Kayser[3])
„ „ Trinidad . .	78,80	11,40	—	10,00	—	„
„ „ Barbadoes .	87,04	9,56	—	2,67	—	„
„ „ Maracaibo .	81,65	9,59	—	8,03	—	„

Wir ersehen daraus, daß, abgesehen von der Natur der Kohlenwasserstoffe, eine bedeutende Differenz zwischen natürlichem und Steinkohlenteerasphalt darin liegt, daß jener einen Teil seiner Bestandteile in geschwefelter Form enthält, dieser dagegen als Sauerstoffverbindungen, wahrscheinlich Hydroxylderivaten von Kohlenwasserstoffen; das Steinkohlenteerpech verhält sich also in dieser Hinsicht nicht anders als der Steinkohlenteer selbst. Wie dieser enthält aber auch das Steinkohlenteerpech und begreiflicherweise in noch höherem Maße unlösliche organische Stoffe, die man schlechthin als „freien Kohlenstoff" bezeichnet.

So erhielt Behrens[4]) durch Digerieren von Pech, aus dem die Öle bis zum spezifischen Gewicht von 1,20 entfernt waren, also sogen. Hartpech, mit Benzol, Schwefelkohlenstoff und zuletzt mit kochendem Benzol und kochendem Alkohol 23,54 Proz. eines schwarzen Pulvers, welches 90,836 Proz. Kohlenstoff, 3,058 Proz. Wasserstoff und 0,398 Proz. Asche enthielt; bei etwas verschiedener Behandlung zeigte dieser Rückstand 91,921 Proz. Kohlenstoff, 3,157 Proz. Wasserstoff und 0,872 Proz. Asche, war also weniger sorgfältig extrahiert. Die reinen Asphalte dagegen enthalten einen derartigen unlöslichen organischen Rückstand nicht, und nur gewisse Sorten, die man mehr als Erdpech bezeichnen könnte, wie z. B. der Asphalt von Trinidad, zeigen neben bedeutenden Mengen mineralischer Verunreinigungen auch organische, gegen die üblichen Lösungsmittel indifferente Beimengungen, über deren Zusammensetzung indessen nähere Angaben noch fehlen. Die umstehende Tabelle, in der alle Zahlen auf organische Substanz umgerechnet sind, mag dies besser illustrieren.

Was die Entstehung[5]) dieses unlöslichen Rückstandes im Steinkohlenteerpech betrifft, so ist es zweifellos, daß derselbe schon bei der Bildung des Teers vor sich geht und einer Zersetzung der Dämpfe hochmolekularer Stoffe an den glühenden Wandungen der Gasretorten zuzuschreiben ist. Sollten sich auch die unlöslichen organischen Bestandteile des Trinidadasphalts als derartige Zer-

[1]) Lunge-Köhler, 1, 401. — [2]) a. a. O. — [3]) a. a. O. — [4]) loco cit. S. 369. — [5]) Vergl. G. Kraemer, Journ. f. Gasbel. 1887. H. Köhler, Dingl. polyt. Journ. 270, 233.

setzungsrückstände charakterisieren, so wäre es nicht ausgeschlossen, daß sich bei dessen Bildung oder wenigstens bei der Umwandlung des ursprünglichen Bitumens in Asphalt ähnliche pyrogene Reaktionen bei hohen Temperaturen abgespielt haben, wie solche bei der trockenen Destillation der Steinkohle Platz greifen. Auf den Ländereien von La Brea (Trinidad) verstreut findet man ein an unlöslichen Bestandteilen noch reicheres Asphaltmaterial, den sogen. Ironasphalt, der bislang eine Verwendung nicht gefunden hat und dessen Bildung aus Asphalt man den auf der Insel häufigen Waldbränden zuschreibt, bei welchen stets der in Spalten und Rissen befindliche Asphalt Feuer fängt und oberflächlich verbrennt; es wäre daher auch denkbar, daß der unlösliche organische Teil des Trinidadasphalts derartigen lokalen Feuerherden seine Entstehung verdankt.

	Lösl. organische Stoffe	Unlösl. organische Stoffe	Autor
Hartpech	76,53	23,47	Behrens
Trinidad-See-Asphalt . . .	86,90	13,10	} [1]
Trinidad-Land-Asphalt . . .	82,32	17,68	
Trinidad-Epuré	88,58	11,42	Meinecke [2])
Syrischer Asphalt	100,00	—	Kayser [3])
Amerikanischer Asphalt . . .	100,00	—	Meinecke [4])

Die flüssigen, bergteerartigen Produkte, welche durch Destillation direkt aus Steinkohlenteer gewonnen werden, wie entwässerter und präparierter Teer und Dachlack, unterscheiden sich chemisch vom Pech nur dadurch, daß sie außer den vorstehend aufgeführten Bestandteilen des Pechs noch die Abkömmlinge der Reihen C_nH_n (schwere Öle), C_nH_{2n-8} (Anthrazen usw.) und C_nH_{2n-12} (Naphtalin usw.) enthalten. Als Komponenten dieser Öle sind nachgewiesen: Naphtalin, Methylnaphtaline, Anthrazen, Phenanthren, Chrysen, Pyren, Picen, Karbazol, Phenol, Kresole u. v. a., aber sicher ist, daß der größte Teil derselben aus Ölen besteht, deren Natur man bis jetzt noch nicht erkannt hat. Wir werden diese Produkte (präparierter Teer, Dachlack, Steinkohlenteerpech) noch weiter unten eingehender zu besprechen haben.

Auf verschiedene Weise hat man versucht, die physikalischen und chemischen Eigenschaften des künstlichen Asphalts aus Steinkohlenteer so zu korrigieren, daß sie denen des natürlichen Asphalts gleich kommen. Besonders waren es die kondensierenden Wirkungen des Schwefels, die man dabei zu Hilfe gezogen hat, vermutlich auch in Anlehnung an den Umstand, daß natürlicher Asphalt fast immer schwefelhaltig ist. Häußlers Holzzement, Winklers Benzasphalt und zahlreiche andere Kompositionen, die wir später noch kennen lernen werden, sind Beispiele dieser Art. Eine deutsche Patentanmeldung [5]) der jüngsten Zeit

[1]) Trinidads Asphaltsee- und Landasphalte. Bremen, Verl. von Karl Schünemann. — [2]) loco cit. — [3]) loco cit. — [4]) loco cit. — [5]) D. R.-P.-A. Nr. 25988 vom 26. Februar 1901; R. Hermes, Engl. Pat. Nr. 10423, 6. Mai 1902.

sucht dieses Ziel durch Erhitzen des Steinkohlenteers mit Schwefel unter gleichzeitigem Zusatz von Harz und gelöschtem Kalk zu erreichen.

So groß aber auch die Erfolge waren, die man bei der Einwirkung des Schwefels auf gewisse Destillationsprodukte und Rückstände des Erdöls erzielt hat, so wenig hat man auf diesem Wege beim Steinkohlenteer ausgerichtet, und das Problem der Umwandlung desselben in ein dem natürlichen Asphalt gleichwertiges Produkt ist bis heute noch als völlig ungelöst zu betrachten. Ein greifbarer Erfolg kann indessen auch erst dann erwartet werden, wenn die chemische Natur des Asphalts und des Steinkohlenteerpechs eine weitere Aufklärung erfahren hat.

2. Der Asphalt aus Braunkohlenteer.

Bei der trockenen Destillation der Braunkohle zum Zwecke der Gewinnung von Paraffin und Mineralölen resultiert ein Teer von gelblichbrauner bis schwarzer Farbe und butterartiger Konsistenz. Er ist bei niedriger Temperatur fest und schmilzt zwischen 15 bis 30° C. Sein spezifisches Gewicht in dünnflüssigem Zustande (bei 35° C) schwankt je nach dem Rohmaterial zwischen 0,820 bis 0,950. In flüssigem Zustande zeigt der Teer eine dunkelgrüne Fluoreszenz und einen eigenartig kräftigen, unverkennbaren Geruch; zuweilen riecht er merklich nach Schwefelwasserstoff. Er ist ein schlechter Wärmeleiter und leitet auch die Elektrizität nicht.

Der Braunkohlenteer siedet zwischen 80 bis über 400° C, und zwar geht die Hauptmenge der Destillate zwischen 250 bis 350° über. In der Regel besteht dieser Teer aus flüssigen und festen Kohlenwasserstoffen der Fettreihe und einer geringen Menge Bitumen, das indessen bei der Destillation gleichfalls in Kohlenwasserstoffe übergeführt wird unter Hinterlassung ganz unbedeutender Mengen eines aufgeblähten koksartigen Rückstandes. Im Gegensatz zum Steinkohlenteer wird also bei der ersten Destillation des Braunkohlenteers ein asphaltartiger Rückstand nicht gewonnen.

Im Braunkohlenteer finden sich ferner aromatische, saure und basische (stickstoffhaltige) Körper in untergeordneten Mengen, und es sind außerdem noch sauerstoffhaltige, noch nicht näher charakterisierte Produkte (Alkohole und Ester), Aldehyde und Schwefelverbindungen aber nur in sehr geringen Mengen, darin nachgewiesen worden. Über die Mengenverhältnisse, in welchen die einzelnen Bestandteile im Braunkohlenteer vertreten sind, gibt nachstehende Tabelle von Scheithauer Aufschluß:

Leichtes Braunkohlenteeröl (Benzin)	5	Proz.
Solaröl	5 bis 10	„
Helle Paraffinöle	10	„
Dunkle Paraffinöle (Gasöl, schweres Paraffinöl und Fettöl)	30 „ 50	„
Hartes Paraffin	10 „ 15	„
Weiches Paraffin	3 „ 6	„
Asphalt, Goudron, Kreosot und Kreosotöl	3 „ 5	„
Verlust (Koks, Gas, Wasser)	20 „ 30	„

Von diesen Bestandteilen sind indessen Asphalt, Goudron, Kreosot und Kreosotöl nicht Produkte der ersten Destillation, sondern sie ergeben sich erst aus der weiteren Verarbeitung der ersten Destillate.

Das leichte Braunkohlenteeröl, spez. Gew. 0,780 bis 0,810, enthält etwa 60 Proz. gesättigte Kohlenwasserstoffe und 40 Proz. in Schwefelsäure lösliche oder durch Aluminiumchlorid angreifbare ungesättigte Kohlenwasserstoffe und siedet zwischen 100 und 250°. Das Solaröl, spez. Gew. 0,825 bis 0,830, siedet zwischen 150 bis 260° und enthält nur 5 bis 15 Proz. ungesättigte Verbindungen, während der Rest aus gesättigten Kohlenwasserstoffen der Fettreihe gebildet wird. Daneben finden sich noch etwa 2 Proz. Naphtalin und etwa 1 Proz. Schwefel. Die hellen Paraffinöle (spez. Gew. 0,850 bis 0,880) sieden zwischen 200 bis 300°, erstarren bei —10 bis —15° und bestehen aus 20 bis 40 Proz. ungesättigten und 60 bis 80 Proz. gesättigten Kohlenwasserstoffen der Fettreihe und sind frei von Naphtalin. Die dunklen Paraffinöle (Gasöl, schweres Paraffinöl und Fettöl) enthalten bis zu 2 Proz. Paraffin, 1 bis 2 Proz. Kreosot und 20 bis 50 Proz. ungesättigte Kohlenwasserstoffe der Fettreihe. Ihr spezifisches Gewicht beträgt 0,880 bis 0,930 und sie sieden zwischen 220 bis 300°, wobei sie einen Rückstand von 45 bis 50 Proz. hinterlassen. Ihr Erstarrungspunkt liegt infolge des höheren Paraffingehaltes bereits bei 0 bis —5°. Das Kreosotöl (spez. Gew. 0,940 bis 0,980) läßt zwischen 150 und 300° etwa 66 Proz. übergehen und enthält etwa 2 bis 3 Proz. Paraffin, 40 bis 60 Proz. Phenole und ist fast gänzlich in Schwefelsäure von 66° Bé. löslich. Es ist ein sekundäres Produkt der Braunkohlenteerverarbeitung, über dessen Bildung wir weiter unten noch hören werden.

Was nun die allgemeinen Eigenschaften der Braunkohlenteeröle betrifft, so ist hierüber das Folgende zu sagen: Sie besitzen ein großes Lösungsvermögen für Fette, Harze, Asphalt usw. und lösen sich ihrerseits leicht und in jedem Verhältnis in fetten Ölen, Harzöl, Benzol, Schwefelkohlenstoff usw. An der Luft absorbieren sie Sauerstoff unter Bildung von Oxydationsprodukten, welche ihnen durch Behandlung mit Alkalien wieder entzogen werden können. Wie andere Kohlenwasserstoffe, besonders Petroleum und gewisse trocknende Öle, namentlich Terpentinöl, haben sie die Eigenschaft, den Sauerstoff der sie umgebenden Luft zu aktivieren, d. h. in Ozon zu verwandeln, welches dann die Oxydation der Öle übernimmt. Sie sind sämtlich gute Isolatoren gegen Wärme und Elektrizität.

Der Braunkohlenteer als solcher wird nie zu anderen Zwecken, auch nicht als Rohmaterial in der Asphaltindustrie, verwendet, als zur Destillation auf Paraffin und Mineralöle. Bei dieser Destillation, welche in gußeisernen Blasen von etwa 2 cbm Füllraum und meistens im Vakuum ausgeführt wird, liefert er durchschnittlich folgende Mengen von Destillaten:

Leichtes Rohöl	30 Proz.
Paraffinmasse	64 „
Rote Produkte	2 „
Koks	2 „
Gase	2 „

Diese Öle unterliegen nun, wenn dies nicht schon vorher mit dem rohen Teer geschehen ist, einer chemischen Reinigung mit wenigen Prozenten Schwefelsäure von 66° Bé und Natronlauge von 38° Bé und liefern bei wiederholter Destillation in gußeisernen Blasen und anderweitiger Behandlung schließlich die eingangs angeführten Mengen von Endprodukten. Diese beiden Operationen, chemische Reinigung und Redestillation sind es denn auch, bei denen die asphaltartigen Nebenprodukte der Braunkohlenteerindustrie gewonnen werden.

Bei der Einwirkung von konzentrierter Schwefelsäure auf die Braunkohlenteeröle werden die ungesättigten Kohlenwasserstoffe und teilweise auch die Phenole gelöst; daneben findet aber auch eine Polymerisation von Kohlenwasserstoffen und eine Oxydation statt, wie aus der Entwickelung von schwefliger Säure geschlossen werden darf. Wird der Schwelteer direkt gesäuert, so löst sich außer den obigen Substanzen in der Schwefelsäure auch noch das zuweilen im Teer vorhandene unzersetzte Bitumen. Früher hat man sich die Wirkung der Schwefelsäure so vorgestellt, daß dieselbe aus den Ölen gewisse, undefinierbare Substanzen entferne, die man unter dem Phantasienamen „Brandharze" zusammenfaßte. Erst G. Kraemer[1]) hat durch eine Reihe ausgezeichneter Untersuchungen dies dunkle Gebiet vollständig aufgeklärt. Seine Untersuchungen erstrecken sich allerdings nur auf die Destillationsprodukte des Steinkohlenteers, aber es unterliegt keinem Zweifel, daß auch bei jenen des Braunkohlenteers ähnliche Vorgänge stattfinden. Nach diesen Untersuchungen ist die Wirkung eine kondensierende, indem gewisse ungesättigte Kohlenwasserstoffe und Sauerstoffverbindungen zu harzartigen Verbindungen kondensiert werden. Die Schwefelsäure belädt sich mit diesen Substanzen und verwandelt sich in eine mehr oder weniger dicke, schwarze teerartige Flüssigkeit von unangenehmem Geruch. Ein Teil der harzartigen Körper scheidet sich aber auch in schmieriger Form an den Wandungen der Reinigungsgefäße ab und muß durch eine wiederholte Waschung mit Schwefelsäure daraus entfernt werden.

Beim Kochen mit direktem Wasserdampf scheidet diese „Reinigungssäure" den größten Teil der gelösten Substanzen in harzartiger Form als sogen. „Säureharze" an der Oberfläche aus, während eine dunkel gefärbte, verdünnte Schwefelsäure von 30 bis 40° Bé durch einfaches Abziehen davon getrennt werden kann.

Der Reinigung mit Schwefelsäure folgt ein Waschen der Öle mit 4 bis 8 Proz. Natronlauge von 38° Bé. Diese entzieht den Ölen die sogen. sauren Bestandteile, welche hauptsächlich aus Phenol und seinen höheren Homologen bestehen, aber auch indifferente Stoffe, welche in dem gebildeten „Kreosotnatron" löslich sind, sich beim Zusatz von Wasser daraus aber in unveränderter Form wieder abscheiden.

Da sich eine Reindarstellung der in der Natronlauge gelösten Phenole wegen ihres penetranten Geruchs, der von gewissen Schwefelverbindungen verursacht wird und sich nur durch einen umständlichen Reinigungsprozeß entfernen läßt, nicht lohnt, so benutzt man meistens die aus den Säureharzen entfallende

[1]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1890, S. 3169 u. 3269.

unreine Schwefelsäure von 30 bis 40° Bé zur Zersetzung des Kreosotnatrons und trennt die ausgeschiedene phenolhaltige Flüssigkeit durch Dekantieren von der daruntersitzenden starken Glaubersalzlösung.

Das möglichst scharf abgezogene „Kreosot" wird meistens mit den gewonnenen Säureharzen vereinigt und die Mischung in Blasen, wie sie zur Destillation des Teers dienen, ohne Anwendung des Vakuums, aber unter Verwendung von überhitztem Wasserdampf, nachdem die leichten Öle übergegangen sind, der Destillation unterworfen. Man gewinnt dabei ein stark nach Schwefelwasserstoff riechendes Öl von 0,94 bis 0,98 spez. Gew., welches 40 bis 80 Proz. in Natronlauge lösliche Bestandteile (Phenole) enthält, das sogen. „Kreosotöl".

In der Blase selbst verbleibt ein Rückstand, dessen Konsistenz verschieden ist, je nachdem man die Destillation mehr oder minder weit getrieben hat. Destilliert man bis zu vollständiger Trockenheit, so resultiert eine geringe Menge wertlosen Koks; unterbricht man die Destillation, wenn noch ein entsprechender Teil der schwersten Öle in Rückstand verblieben ist, so erhält man den sogen. „Asphalt", und wenn man noch weniger weit in der Abnahme der Öle geht, so bleibt in der Blase sogenannter „Goudron" als Rückstand übrig. Beide werden entweder durch komprimierte Luft aus den Blasen ausgedrückt oder durch eine Ablaßvorrichtung an deren Boden abgezogen und in Blechtrommeln (Asphalt) oder Fässern (Goudron) zum Versand gebracht. Ähnliche Produkte liefern auch manche Braunkohlenteeröle (besonders die schwereren) direkt bei der Destillation, wenn deren Rückstand zum Abtreiben auf Koks nicht wertvoll genug ist (Ölgoudron).

Der Braunkohlenteerasphalt kommt entweder in losen Blöcken oder offenen Fässern und Blechtrommeln in den Handel. Er ist spröde, von muscheligem Bruch und glänzender tiefschwarzer Farbe und löst sich leicht in den bekannten Lösungsmitteln, wie Benzin, Benzol, Terpentinöl usw. Er enthält wenig oder gar keinen freien Kohlenstoff, wie der mikroskopische Befund C. Meinecke[1]) ergeben hat. Nach demselben enthält das Braunkohlenteerpech 99,75 Proz. Bitumen und 0,25 Proz. mineralische Bestandteile. Bei der fraktionierten Destillation einer Probe in der Retorte mit Hilfe eines Teclu-Brenners gingen über

bei 300°	10,0 Proz.
über 360°	49,4 „
mithin destillierbar	59,4 Proz.
nicht destillierbar	40,6 „
	100,0

Bei den mit Teclu-Brenner erreichbaren Temperaturen sind daher von dem aschenfreien Bitumen 59,55 Proz. destillierbar und 40,45 Proz. nicht flüchtig. In Prozenten ausgedrückt beträgt die Menge der Fraktionen auf

[1]) loco cit. S. 24.

	die flüchtige Substanz	die mineralfreie Substanz überhaupt
bei 300°	16,84 Proz.	10,03 Proz.
über 360° . . .	83,16 „	49,52 „
nicht destillierbar .	— „	40,45 „
	100,00	100,00

Die Qualität des Braunkohlenteergoudrons wechselt je nach der Natur des Produktes beziehungsweise der Art seiner Gewinnung, d. h. je nachdem er als direkter Destillationsrückstand reiner Teeröle (siehe oben), oder aus Mischereiprodukten, wie Säureharzen und Kreosot, gewonnen worden ist. Die besseren Qualitäten sind geruchlos und vollkommen in leichten und schweren Paraffinölen löslich. Er ist von rein schwarzer Farbe und ohne braune Streifen, die von Spuren anhaftenden Öls herrühren. In seiner Konsistenz ist er am besten weichem Brot vergleichbar; wie dieses läßt er sich zwischen den Fingern kneten, und in Gefäße gedrückt nimmt die Masse später wieder ihre ursprüngliche Form an.

Über die chemische Natur der Asphalte aus Braunkohlenteer kann im allgemeinen kaum ein Zweifel obwalten: es sind Kondensations- und Polymerisationsprodukte ungesättigter Kohlenwasserstoffe der Fettreihe, die freilich noch zu isolieren und ihrer Zusammensetzung nach festzustellen sind. Der Braunkohlenteerasphalt unterscheidet sich daher sehr wesentlich vom Steinkohlenteerpech und nähert sich in seiner Beschaffenheit mehr dem natürlichen Asphalt.

Zur Geschichte des künstlichen Asphalts aus Braunkohlenteer mag noch erwähnt werden, daß Grotowsky[1]) der erste war, welcher den bei der Verdünnung der Abfallsäuren erhaltenen Säureteer auf Asphaltprodukte verarbeitete. Sein Verfahren ist auch für die Verarbeitung der Säureharze aus anderen Industriezweigen vorbildlich gewesen.

An dieser Stelle ist auch eines neuen Patentes, das E. Trainer[2]) zur Herstellung pech- (asphalt-) artiger Körper in der jüngsten Zeit entnommen hat, zu gedenken. Torf, Braunkohle, fette Steinkohlen, Holz oder organische Abfälle werden je für sich oder in beliebigen Gemischen mit Teer beliebigen Ursprungs unter Erhitzung und Druck behandelt. Es erfolgt dabei nicht nur einfache Trockendestillation, wie in der offenen Retorte, sondern es ergeben sich hier je nach der Natur des verwendeten Materials, der Höhe der Temperatur und des Druckes, der Zeit der Erhitzung usw. durch die Einwirkung der entstandenen festen, flüssigen und gasförmigen Verbindungen aufeinander verschiedene Produkte, die als Endprodukt der Reaktion eine pechartige Masse liefern. Die Wirkung des Teers auf die organischen Körper ist zunächst eine aufschließende, d. h. bei niedrigem Druck dringt der Teer bereits völlig ein, durchtränkt die Massen und ist so im stande, bei steigender Temperatur seine teils mechanisch trennende, teils direkt auflösende Wirkung auszuüben. Die flüchtigen Produkte können nach beendigter Reaktion abdestilliert werden, so daß

[1]) D. R.-P. vom Jahre 1879; vgl. Zaloziecki, „Naphta" 1897, Nr. 12 bis 19. — [2]) D. R.-P. Nr. 134 109 vom 28. August 1901; Chem.-Ztg. 1902, S. 901.

lediglich ein in der Wärme noch zähflüssiges, in der Kälte aber hartes und sprödes Produkt verbleibt. Über die Verwendbarkeit desselben in der Asphaltindustrie ist indessen bislang nichts bekannt geworden.

3. Der Asphalt aus Erdölen.

Ähnlich wie die Paraffin- und Mineralölindustrie liefert auch die Verarbeitung der Erdöle in ihren Destillationsrückständen und Säureharzen von der chemischen Reinigung der Öle Produkte, welche als Ersatz für natürlichen Asphalt Verwendung finden. In einem früheren Kapitel haben wir bereits kennen gelernt, daß die Geologen und Chemiker heute mit wohl nur geringen Ausnahmen die Ansicht vertreten, daß die in der Natur vorkommenden Bitumina Asphalt, Erdpech und Bergteer nichts anderes sind, als chemisch verändertes Erdöl, d. h. sich aus diesem durch Polymerisations- oder Kondensationsprozesse unter Mitwirkung von Sauerstoff und Schwefel gebildet haben.

Nichts scheint daher natürlicher, als anzunehmen, daß die aus den Residuen des Erdöls erhaltenen Produkte identisch sind mit den in der Natur vorkommenden Asphalten und wir es daher gar nicht mit künstlichen Produkten zu tun haben. Jedenfalls muß hervorgehoben werden, daß die aus Erdölen erhaltenen, künstlichen Produkte dem natürlichen Asphalt weit näher stehen als irgend eine der aus anderen Rohmaterialien erzeugten asphaltartigen Substanzen und auch von manchen Chemikern direkt als identisch damit angesehen werden.

Über die physikalischen und chemischen Eigenschaften der rohen Erdöle läßt sich im allgemeinen das Folgende sagen. Je nach der Herkunft sind es ölige, dünn- bis dickflüssige Liquida von meist brauner bis schwarzer Farbe, selten gelb oder wasserhell, die nach dem Grade der Färbung mehr oder weniger durchsichtig sind; manche zeigen grünliche Fluoreszenz, und andere erscheinen im durchfallenden Lichte rotbraun und im auffallenden Lichte grünlich. Ihr spezifisches Gewicht schwankt innerhalb sehr weiter Grenzen von 0,765 bis 1,020; dementsprechend liegt auch der Siedepunkt der Öle, bzw. der Beginn des Siedens sehr verschieden hoch. Engler[1]) hat darüber nach eigenen Versuchen nebenstehende Tabelle (S. 109) aufgestellt.

Die elementare Zusammensetzung des rohen Erdöls verschiedener Herkunft zeigt folgende Tabelle (a. S. 110 oben) von Veith[2]).

Nach diesen sowie zahlreichen anderen Analysen schwankt der Kohlenstoffgehalt des rohen Erdöls zwischen 79,5 und 88,7 Proz., der Gehalt an Wasserstoff zwischen 9,6 und 14,8 Proz. Stickstoff ist in verschiedenen Erdölen in wechselnden, aber immer nur geringen Mengen (0,02 bis 1,1095 Proz.) vorhanden und, wie aus den Untersuchungen von Zaloziecki, Engler u. a. hervorgeht, wahrscheinlich in Form von hydrierten Pyridinbasen. Schwefel ist in Mengen von 0,077 bis 1,3, ja sogar 2,19 Proz. in Erdölen verschiedener Herkunft nachgewiesen worden. Die Frage, in welcher Form er darin enthalten ist, ist noch nicht endgültig entschieden. Kraemer vermutet,

---

[1]) Dingl. polyt. Journ. 260, 434; 261, 32. — [2]) Das Erdöl, S. 442.

	Pennsylvanien I		Pennsylvanien II		Galizien (Sloboda)		Baku Bibi-Eybat		Baku Balakhani		Elsaß Pechelbronn		Hannover Ölheim	
Spezifisches Gewicht . . .	0,8175		0,8010		0,8235		0,8590		0,8710		0,9075		0,8990	
Beginn des Siedens . . .	82°		74°		90°		91°		105°		135°		170°	
	ccm	g	ccm	g	ccm	g	ccm	g	ccm	g	ccm	g	ccm	g
bis 130°	15,0	10,0	24,5	16,8	16,0	11,3	16,0	11,0	3,75	2,7	—	—	—	—
130 „ 150°	6,0	4,6	7,0	4,7	10,5	7,6	7,0	5,7	4,75	3,4	3,0	2,2	—	—
150 „ 170°	5,0	4,0	4,5	3,2	10,25	7,6	6,5	4,9	5,5	4,3	4,4	3,3	—	—
170 „ 190°	5,0	4,0	4,5	3,3	6,5	5,2	6,5	5,1	4,75	4,0	5,4	4,1	4,75	3,2
190 „ 210°	5,0	4,1	6,5	4,8	6,5	5,3	5,0	4,1	5,25	4,3	4,5	3,5	5,25	2,6
210 „ 230°	5,75	4,5	5,0	4,3	7,0	5,6	5,0	4,2	5,0	4,1	6,6	5,3	6,0	4,8
230 „ 250°	3,75	3,8	4,75	4,2	6,75	5,5	5,0	4,2	7,0	5,6	7,3	5,9	4,0	3,4
250 „ 270°	6,0	5,0	3,25	3,0	6,0	5,6	5,5	4,7	4,75	4,1	7,0	5,8	5,0	4,3
270 „ 290°	4,75	4,0	4,0	3,9	3,5	2,8	3,5	3,1	5,5	4,6	10,3	9,7	5,0	4,3
290 „ 300°	2,0	1,7	2,5	2,5	0,5	0,45	1,0	0,9	1,75	1,6	4,5	4,0	2,0	1,8
bis 150°	21,0	14,6	31,5	21,5	26,5	18,9	23,0	16,7	8,5	6,1	3,0	2,2	—	—
150 bis 300°	38,25	31,1	35,0	29,2	47,0	38,05	38,0	31,2	39,5	32,6	50,0	41,6	32,0	24,4
über 300°	40,75	—	33,5	—	26,5	—	39,0	—	52,0	—	47,0	—	68,0	—

Herkunft	Spez. Gew.	C	H	O
Schwere Naphta, Westvirginien . . .	0,873	83,5	13,3	3,2
Leichte " " . .	0,8412	84,3	14,1	1,6
" " Pennsylvanien . .	0,816	82,0	14,8	3,2
Schwere " " . .	0,886	84,9	13,7	1,04
Naphta aus Parma	0,786	84,0	13,4	1,8
" " Pechelbronn	0,912	86,9	11,8	1,3
" " "	0,892	85,7	12,0	2,3
" " Schwabweiler	0,861	86,2	13,3	0,5
" " "	0,829	79,5	13,6	6,9
" " Hannover	0,892	80,4	12,7	6,9
" " "	0,955	86,2	11,4	2,4
" " Ostgalizien	0,870	82,2	12,1	5,7
" " Westgalizien	0,885	85,3	12,6	2,1
" " Balakhani	0,882	87,4	12,5	0,1
Leichte Naphta aus Baku	0,884	86,3	13,6	0,1
Schwere " " "	0,938	86,6	12,3	0,1
Naphta aus Jawo	0,923	87,1	12,0	0,9
Schweres Erdöl aus Ogaio	0,985	87,1	10,4	2,5

	Rohöl	bis 150°	150 bis 200°	Rest über 200°
Galizien.				
C	86,18	85,35	85,45	87,35
H	13,82	14,65	14,55	12,65
O	—	—	—	—
Absorbierbar v. konz. H_2SO_4 in Vol.-Proz.	49,80	17,00	23,00	fast alles
Nicht absorbiert in Vol.-Proz.	50,20	83,00	77,00	Spur
Menge der Fraktion in Kubikzentimetern .	100,00	41,00	21,00	38,00
Baku (Bibi-Eybat).				
C	86,21	85,64	85,92	86,97
H	13,49	14,36	14,08	12,76
O	0,30	—	—	0,27
Absorbierbar v. konz. H_2SO_4 in Vol.-Proz.	77,00	18,00	24,00	fast alles
Nicht absorbierbar in Vol.-Proz.	23,00	82,00	76,00	Spur
Menge der Fraktion in Kubikzentimetern .	100,00	15,00	14,00	71,00
Elsaß (Pechelbronn).				
C	85,38	84,95	85,14	86,10
H	12,68	15,05	14,67	12,34
O	1,94	—	0,19	1,56
Absorbierbar v. konz. H_2SO_4 in Vol.-Proz.	85,00	14,00	16,00	fast alles
Nicht absorbiert in Vol.-Proz.	15,00	86,00	84,00	Spur
Menge der Fraktion in Kubikzentimetern .	100,00	7,00	10,50	82,50

	Rohöl	bis 150°	150 bis 200°	Rest über 200°
Amerika (Pennsylvanien).				
C	86,10	85,13	85,35	86,80
H	13,90	14,87	14,65	13,20
O	—	—	—	—
Absorbierbar v. konz. H_2SO_4 in Vol.-Proz.	28,00	16,00	18,00	35,00
Nicht absorbiert in Vol.-Proz.	72,00	84,00	82,00	65,00
Menge der Fraktion in Kubikzentimetern .	100,00	14,00	26,00	60,00

daß es thiophenartige Verbindungen sind, denen er zugehört, aber Engler[1]) hat gefunden, daß er sich durch Schwefelsäure nicht völlig entfernen lasse, was gegen diese Annahme spricht. Mabery und Smith haben aus Ohioerdölen und zwar den zwischen 200 und 300° siedenden Anteilen Alkylsulfide abgeschieden und gleichzeitig die Anwesenheit von Mercaptan und Thiophenverbindungen nachgewiesen. Der Sauerstoff findet sich in Form sogen. Petroleumsäuren, das sind Karbonsäuren verschiedener Naphtene, in den Destillaten des rohen Erdöls. Engler[2]) gelang es, darin auch freie Fettsäuren nachzuweisen und Pebal und Freund[3]) fanden im Erdöl auch phenolartige Körper. Den Hauptbestandteil derselben bildet also ein Gemisch verschiedener Kohlenwasserstoffe, während die Stickstoff-, Sauerstoff- und Schwefelverbindungen nur als mehr oder minder zufällige Verunreinigungen derselben zu betrachten sind.

Die niedrig siedenden Bestandteile der Erdöle gehören fast durchweg zu den Kohlenwasserstoffen der Paraffinreihe C_nH_{2n+2}. Pélouze und Cahours[4]) gelang es, 13 der dieser Reihe angehörigen Kohlenwasserstoffe, von C_4H_{10} bis $C_{16}H_{34}$, in reiner Form daraus zu isolieren. Auch die Kohlenwasserstoffe der Olefinreihe C_nH_{2n} finden sich in allen Erdölen, wie denn überhaupt der Unterschied in den Erdölen verschiedener Herkunft lediglich durch das relative Mengenverhältnis der Kohlenwasserstoffreihen bedingt ist. Wichtige Beiträge zu dieser Frage lieferten C. Engler und Jezioranski[5]) durch eine Reihe von Versuchen, deren Resultate in nebenstehender Tabelle (S. 110 unten) niedergelegt sind.

Wenn man in Betracht zieht, daß die unter 150° siedenden Bestandteile der Sumpfgasreihe (etwa von C_5H_{12} bis C_9H_{20}) 83,3 bis 84,4 Proz. C und 16,7 bis 15,6 Proz. H enthalten, diejenigen von 150 bis 200° (etwa von C_9H_{20} bis $C_{12}H_{26}$) 84,4 bis 84,7 Proz. C und 15,6 bis 15,3 Proz. H, die über 200° siedenden (etwa von $C_{12}H_{26}$ bis $C_{32}H_{66}$) 84,7 bis 85,3 Proz. C und 15,3 bis 14,7 Proz. H, während alle Kohlenwasserstoffe der Äthylenreihe 85,7 Proz. C und 14,3 Proz. H aufweisen, so kann man aus den obigen Analysen schließen, daß im allgemeinen die bis über 150° siedenden und auch noch die bis 200° siedenden Anteile der verschiedenen Erdölsorten vorwiegend

[1]) Die deutschen Erdöle, S. 14. — [2]) Ebend. S. 23. — [3]) Ann. d. Chemie 115, 21. — [4]) Compt. rend. 54, 1241; 56, 505; 57, 62. — [5]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1895, S. 2501.

aus gesättigten Kohlenwasserstoffen bestehen; daß aber in den über 200° siedenden Anteilen in der Hauptsache ungesättigte Kohlenwasserstoffe enthalten sind, wofür auch das Verhalten gegen konzentrierte Schwefelsäure spricht. Es müssen sogar, da der Kohlenstoffgehalt dieser hochsiedenden Teile durchweg nicht unerheblich über demjenigen der Olefine liegt (87 Proz. durchschnittlich gegen 85,7 Proz.), nicht unbeträchtliche Mengen wasserstoffärmerer Kohlenwasserstoffe als die der Äthylenreihe vorhanden sein. Auch Azetylene sind im Bakuöl nachgewiesen worden.

Auch von den aromatischen Kohlenwasserstoffen sind eine ganze Reihe in den Destillaten des Erdöls nachgewiesen worden, so z. B. Benzol, Isoamylbenzol, Toluol, Diäthyltoluol, Xylole (in erheblicher Menge), Cumol, Cymol, Durol, Isodurol, Naphtalin, ferner Anthrazen, Phenanthren, Chrysen, Pyren und Picen. Man darf wohl annehmen, daß diese hochmolekularen Glieder der aromatischen Reihe nicht schon in den rohen Erdölen vorhanden sind, sondern sich erst infolge pyrogener Reaktionen beim Destillationsprozeß gebildet haben.

Interessant in mehrfacher Hinsicht ist auch, daß außer den Kohlenwasserstoffen der aromatischen Reihe C_nH_{2n-6} auch deren sämtliche Hydrierungsstufen $C_nH_{2n-6}H_2$ (Terpene), $C_nH_{2n-6}H_4$ (Naphtylene) und $C_nH_{2n-6}H_6$ (Naphtene) in den Erdölen enthalten sind, wovon eine große Anzahl isoliert und identifiziert wurden. Die Entdeckung der Terpene durch Zaloziecki[1]) namentlich gestattet eine einfache Erklärung des Verharzens und Verpechens des Petroleums, dessen einfachste Ursache sonach eine Polymerisation und Oxydation des Erdöls unter Bildung von Kolophen und den eigentlichen Harzen nahestehenden Substanzen wäre, wie solche bekanntlich aus den Terpenen ganz allgemein entstehen. Man vergleiche hierzu auch die S. 76 erwähnten Anschauungen von G. Kraemer. Diese verschiedenen Hydrierungsstufen der aromatischen Kohlenwasserstoffe liefern bei der Destillation mit Schwefel unter Entbindung von Schwefelwasserstoff die betreffenden Kohlenwasserstoffe, z. B.

$$C_6H_{12} + 3S = C_6H_6 + 3H_2S.$$

S. F. und H. E. Peckham[2]) erhielten bekanntlich beim Behandeln von Asphaltresiduen mit Schwefel unter Entbindung von Schwefelwasserstoff ein Produkt, das bei der Nitrierung Styphninsäure lieferte und nur geringe Mengen von Schwefel enthielt, der sonach fast vollständig in Form von Schwefelwasserstoff entwichen war. Das ungeschwefelte Produkt hingegen lieferte keine Nitroverbindung. Vielleicht ist es nicht zu gewagt, auch im Asphalt die Anwesenheit derartiger, allerdings hochmolekularer Wasserstoffadditionsprodukte der aromatischen Reihe anzunehmen.

Als charakteristische Bestandteile finden sich im Erdöl außerdem noch harz- und asphaltartige Stoffe in wechselnder Menge. Paraffin, allerdings verschieden von dem gewöhnlichen und von einem mehr erdwachsartigen Charakter, ist in fast allen Roherdölen gefunden worden; den höchsten Gehalt an diesem

---

[1]) Dingl. polyt. Journ. 293, 115. — [2]) loco cit.

Kohlenwasserstoff scheint das Erdöl von Oberbirma zu haben, in welchem Redwood[1]) 10 bis 12 Proz. nachweisen konnte.

Die Destillation des rohen Erdöls, die meistens diskontinuierlich in schmiedeeisernen Blasen der verschiedensten Form und Größe (bis zu 2500 Barrels Fassungsraum!) über freiem Feuer betrieben wird, liefert für Rohöle verschiedener Provenienz folgende Mengen von einzelnen Produkten:

	Pennsylvanien Proz.	Galizien Proz.	Rumänien Proz.	Elsaß Proz.	Baku Proz.
Leichtflüssige Öle	10 bis 20	3 bis 6	4	—	5 bis 10,5
Leuchtöle	60 „ 75	55 „ 65	60 bis 70	35 bis 40	32 „ 35,5
Rückstände	5 „ 10	30 „ 40	25 „ 35	55 „ 60	36 „ 60

Nach dem Abtreiben der Leichtöle verbleibt in der Blase ein mehr oder weniger großer Rückstand, der hauptsächlich aus hochmolekularen Kohlenwasserstoffen der Reihe $C_n H_{2n}$ besteht. Seine elementare Zusammensetzung im Vergleich zur rohen Naphta zeigen folgende Zahlen, welche Veith[2]) mitteilt:

	Spez. Gew.	C	H	O
Leichte Naphta (Baku)	0,884	86,3	13,6	0,1
Schwere „ „	0,938	86,6	12,3	1,1
Naphtaresiduen „	0,928	87,1	11,7	1,2

Er bildet, besonders in Baku, ein ausgezeichnetes Material zur Herstellung der besten Maschinenschmieröle, unter Umständen auch des Paraffins und (in Amerika namentlich) des Vaselins, welche durch Vakuumdestillation unter Mitwirkung von überhitztem Dampf daraus abgetrieben werden. Der dabei verbleibende Rückstand kann nur zum Heizen benutzt werden. Die Rückstände von der Redestillation der Leuchtöle (in Rußland Astatki oder Masut, in Amerika Residues genannt) stellen in der Regel eine dickflüssige bis halbkonsistente, oft schon bei gewöhnlicher Temperatur erstarrende Masse von dunkelgrüner bis schwarzbrauner Farbe und eigentümlichem, an Kreosot erinnerndem Geruch dar, deren spezifisches Gewicht gewöhnlich 0,880 bis 1,0 und darüber beträgt. Sie können sowohl direkt zur Ölgasbereitung oder auch als Wagenschmiere verwendet werden; die Hauptmenge wird jedoch gleichfalls auf verschiedene Sorten Maschinenöl verarbeitet. Ein Teil der Rückstände der Rohöl- und Leuchtöldestillation unterliegt aber, namentlich in Rußland, einer anderen Behandlung, welche sie als Surrogate für natürlichen Asphalt tauglich machen.

Weiteres Material für diesen Zweck liefert in noch größerer Menge, weil anderes nicht verwertbar, die chemische Reinigung der Rohöle und Erdöl-

[1]) Petroleum 1, 200. — [2]) Das Erdöl, S. 442.

destillate mit Schwefelsäure. Sie wird in ähnlicher Weise ausgeführt, wie wir dies bei der Reinigung der Braunkohlenteeröle kennen gelernt haben. In manchen Fällen findet auch hier schon eine Behandlung der rohen Erdöle mit Schwefelsäure statt, meistens erstreckt sich dieselbe indessen nur auf die ersten Destillate. Bei der Behandlung der Rohöle bezweckt man zumeist eine Reinigung derselben von harzartigen und Asphaltbestandteilen. Eingehende Untersuchungen über die Wirkung der Schwefelsäure auf Rohöle hat Zaloziecki[1]) angestellt und gefunden, daß die Schwefelsäure nicht nur eine erhebliche Menge von Bestandteilen aus dem Erdöl herausnimmt, sondern auch in bedeutendem Maße polymerisierend wirkt, also sehr tiefgehende Veränderungen hervorruft. Drei galizische Rohöle, welche zu den Versuchen dienten, gaben an 66° Schwefelsäure 11,8 bis 27,4 Vol.-Proz. ab; das gereinigte Öl zeigte dabei stets ein niedrigeres spezifisches Gewicht als das Rohöl, was mit der Beobachtung übereinstimmt, daß die Absorption sich im wesentlichen auf die über 300° siedenden Bestandteile erstreckt. Diese Ergebnisse decken sich vollständig mit den Angaben von Engler und Jezioranski[2]), daß die Hauptmengen der schwer siedenden Bestandteile des Erdöls aus ungesättigten Kohlenwasserstoffen besteht.

Die Abfallschwefelsäure der Petroleumfabriken bildet eine hellbraun bis schwarz gefärbte teerige Flüssigkeit von starkem Geruch nach schwefliger Säure. Beim Verdünnen mit Wasser läßt sie die größte Menge der von ihr gelösten Stoffe in Form eines mehr oder weniger konsistenten Teers fallen, welcher erst eine Verwendung gefunden hat, seit man ihn auf asphaltartige Produkte zu verarbeiten gelernt hat. Das erste dahin zielende Verfahren ist von W. P. Jenny[3]) angegeben worden und besteht in Folgendem: Die Säure wird mit ihrem gleichen Volum Wasser verdünnt und das sich ausscheidende, sehr übelriechende Öl abgehoben und mehrmals mit kochendem Wasser, zuletzt unter Zusatz von etwas Soda, gewaschen. Es wird dann in Blasen gefüllt und der unter 250° siedende Anteil abdestilliert. Dann bläst man durch den in der Blase verbleibenden Rückstand während eines Zeitraums von 48 Stunden einen kräftigen Luftstrom; der Sauerstoff der Luft wird begierig absorbiert, und es entsteht eine nach dem Erkalten fest werdende, tiefbraune, harzige Masse, welche als Ersatz für natürlichen Asphalt dienen kann. Eine andere Ausführungsart dieses Patents sieht von der vorherigen Verdünnung der Abfallsäure mit Wasser ab; dieselbe wird mehrere Tage auf 100 bis 150° C erwärmt, bis eine Probe in Wasser untersinkt. Je nach dem Grade der Oxydation ist das sich beim Eintragen in Wasser ausscheidende Produkt mehr oder weniger hart, unlöslich in Wasser, Alkohol und Alkalien, aber leicht löslich in allen Fetten und Ölen, Naphta, Benzol usw. und auch in Schwefelsäure von 66° Bé. Mit Kautschuk und Guttapercha zusammengeschmolzen, bildet es elastische Massen, welche als Isolierungsmittel dienen können, und in leichten Kohlenwasserstoffen gelöst eignet es sich zur Herstellung von Asphaltlacken.

[1]) Zeitschr. f. angew. Chemie 1897, S. 587. — [2]) loco cit. — [3]) D. R.-P. Nr. 3577. Dingl. polyt. Journ. 232, 285.

Rave[1]), dessen Verfahren von der Societé Oléo-Graisse ausgeführt wird, knetet die Abfallsäure mit Metallspänen aller Art zusammen und läßt die Masse liegen, bis die Säure neutralisiert ist. Dann wird dieselbe mit kochendem Wasser behandelt, wobei die Metallsulfate gelöst werden und die Harze in geschmolzenem Zustande an die Oberfläche steigen. Diese haben, nachdem ihnen durch Auskochen mit Wasser die Salze vollständig entzogen sind, die Eigenschaften des bestgereinigten, weichen Asphalts und ähneln in bezug auf Elastizität und Dehnbarkeit dem Kautschuk. Durch Abtreiben der leichtflüchtigen Bestandteile in der Retorte kann man dem Material jede gewünschte Härte geben; erhitzt man so lange, bis nur noch sechs Zehntel des ursprünglich weichen Asphalts in der Retorte zurückgeblieben sind, so erhält man eine in Naphta lösliche Masse, welche fast so hart als Ebonit ist und sich durch ihre Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und Alkalien sowie die Eigenschaft, ein ausgezeichneter Nichtleiter für Elektrizität zu sein, vorzüglich zur Isolierung von galvanischen Batterien, Leitungsdrähten und Kabeln, sowie zum Überziehen von Säurebehältern eignet. Eine Tonne der Abfallsäure liefert etwa 500 kg dieses gereinigten, weichen Asphalts neben den Sulfaten der zum Abstumpfen der Säure verwendeten Metalle.

Erhitzt und in Formen gepreßt kann dieser Mineralkautschukasphalt als Ersatz für Papiermaché dienen; die Lösungen in Petroleum, Naphta oder leichten Kohlenwasserstoffen sind vorzügliche schwarze, wasserdichte Firnisse, welche fest auf Metallen haften. Mit Harz, Wachs, Pech usw. bildet das Produkt Kompositionen, deren Eigenschaften zwischen denen ihrer Komponenten liegen. Er eignet sich auch zum Brikettieren von Sägespänen und liefert bei der trockenen Destillation neben einem vorzüglichen Leuchtgas ungefähr die Hälfte seines Gewichts an Naphta, Leuchtölen (zusammen ungefähr ein Drittel) und schweren Ölen (etwa ein Sechstel), welche den höheren Gliedern der Paraffinreihe ähnlich sind. Dabei hinterbleibt eine sehr reine, metallisch aussehende Kohle, welche so hart ist, daß sie Glas ritzt, die Elektrizität gut leitet und zur Herstellung von elektrischen und galvanischen Kohlen dienen kann.

Das Rohmaterial zu diesen Produkten ist in beinahe unerschöpflichen Mengen vorhanden; so beträgt die Produktion desselben in den Vereinigten Staaten von Nordamerika etwa 3 Mill. Tonnen jährlich.

De Groussilliers[2]) verfährt zur Abscheidung der Säureharze so, daß er die Abfallsäuren mit so viel Kaliumsulfat oder Natriumsulfat versetzt, als zur Bildung von Bisulfaten erforderlich ist. Beim Eindampfen tritt ein Zeitpunkt ein, in welchem sich die Säureharze an der Oberfläche der Flüssigkeit ausscheiden und in reiner Form abgeschöpft werden können.

Nach Zaloziecki[3]) spielen bei der Zersetzung der Reinigungssäure aus Petroleumraffinerien Verdünnung, Licht und Wärme eine große Rolle. Bei der Verdünnung der Abfallsäure mit Wasser scheiden sich die in der konzentrierten Säure gelösten Bestandteile wieder aus, während daneben noch andere

[1]) Vgl. W. P. Thompson, Journ. Soc. Chem. Ind. 1888, p. 303; Chem.-Ztg. 1888, S. 145. — [2]) D. R.-P. Nr. 43900, 1887. — [3]) Naphta 1897, Nr. 12 bis 19.

Reaktionen verlaufen, die zur Bildung von Alkoholen, Ketonen, Äthern, hauptsächlich aber zu Polymerisationen Anlaß geben. Beim Erwärmen finden Sulfonierungs- und Oxydationsprozesse statt. Die Art der Einwirkung des Lichtes ist noch nicht bekannt, wahrscheinlich besteht sie ebenfalls in einer Oxydation. Der aus frischer Säure durch Verdünnung abgeschiedene Teer enthält hauptsächlich polymerisierte Bestandteile des Petroleums von harziger Beschaffenheit, aus älterer Säure oder durch Erwärmen auf 60 bis 100° resultieren vorwiegend Sulfosäuren. Beim Verdünnen der Säure, welches am besten mit kaltem Wasser geschieht, entstehen oft drei Schichten. Die oberste besteht aus hellen, polymerisierten Körpern, sogenannten Säureharzen, die mittlere aus Schwefelsäurederivaten, die untere aus verdünnter Schwefelsäure, welche sehr schwer zu reinigen ist, sich aber auf schwefelsaure Tonerde verarbeiten läßt. Nach Zaloziecki werden zur Fabrikation von Lacken die beiden bereits oben erwähnten, bei der Verdünnung der Abfallsäure sich über der Schwefelsäure abscheidenden Schichten verarbeitet. Man trennt sie von der Schwefelsäure, versetzt sie in Kesseln mit dem gleichen Volumen Wasser, erhitzt zum Sieden und neutralisiert mit basischen Oxyden, Karbonaten oder organischen Basen. Es bilden sich die entsprechenden Salze, welche mit den übrigen Bestandteilen sich in eine homogene, rotbraune Masse verwandeln. Zur Darstellung von Lacken wird dieselbe entweder ganz wasserfrei gemacht und in einem Gemenge von sehr starkem Alkohol und Benzin, Terpentinöl oder Teeröl in der Kälte gelöst, wobei alles bis auf einen geringen Rückstand in Lösung geht, oder sie wird direkt in dem gleichen Teil eines Gemenges von 50grädigem Alkohol und Benzin, Terpentinöl oder Teeröl in der Kälte gelöst. Bei der letzten Methode bilden sich zwei Schichten, eine alkoholische und eine Kohlenwasserstofflösung. Die Lacke gehören zu der Gattung der „gemischten Harzmetallseifenlacke". Ein gemischter Lack ist der nach der ersten Methode hergestellte, ein Seifenlack der in Alkohol lösliche, ein Harzlack der in Benzin lösliche Anteil. Die Erdölsäuren und Sulfosäuren bilden bei der Neutralisation Metallsalze, welche zum Trocknen und Erhärten des Lackes beitragen, also als Sikkativ wirken. Infolgedessen trocknet der gemischte Lack schneller als die anderen. Der Harzlack braucht drei bis sieben Tage zum Trocknen, kann aber schneller trocknend gemacht werden, wenn man vor der Lösung den Rohlack von den flüchtigeren Bestandteilen befreit. Der Metallseifenlack trocknet in 12 Stunden. Die neuen Lacke, welche unempfindlich gegen Licht und Luft, aber empfindlich gegen Wasser sind, können auf Holz, Metall und Leder verwendet werden, als Mattbeize auf Möbel und als Farbbeize unter einer dunklen Politur. Um die Lacke elastisch zu machen, genügt ein Zusatz von 5 bis 15 Proz. Leinölfirnis, doch eignen sich hierzu nur die gemischten und Harzlacke. — Zur Fabrikation von Lacken eignet sich frische Abfallsäure am besten, weil in ihr die polymerisierten Bestandteile, die Petrolharze, den Sulfosäuren gegenüber überwiegen und die ersteren die eigentlichen Lacksubstanzen sind, während die sauren Bestandteile nur als Sikkativbildner wirken. In ganz frischer Abfallsäure sind nur geringe Mengen Sulfosäuren vorhanden, die sich beim Verdünnen der Abfallsäure als mittlere Schicht über der Schwefelsäure absetzen und entfernt werden

können. Läßt man die Abfallsäure längere Zeit stehen, so überwiegen die Sulfosäuren, sie lassen sich nicht leicht trennen, und man braucht infolgedessen zu viel Alkohol zum Lösen. Die Sulfosäuren sind überhaupt entbehrlich, da die vorhandenen Erdölsäuren die eigentlichen Sikkativbildner sind. Ihre Anwesenheit ist nach Ansicht Zaloziecki's zur Herstellung einer guten Lacksubstanz durchaus nötig.

Übertroffen werden die aus Petroleumabfallsäure hergestellten Lacke noch durch die aus der Abfallsäure von Schmierölfabriken gewonnenen. Als Ausbeute erhält man zwei Drittel bis drei Viertel des angewandten Säureteers als Lacksubstanz und 2 bis $2^1/_2$ mal soviel fertige Lacke.

Endlich berichtet noch K. K. Lipinski[1]), daß man aus dem Säureteer der Schwerölreinigung in den russischen Petroleumraffinerien einen Asphalt von großer Reinheit (90 Proz. Bitumen) und beliebigem Härtegrad gewinnt, wenn man denselben nach Abscheidung der Schwefelsäure mit überhitztem Wasserdampf neutralisiert und mehrmals mit Wasser wäscht und trocknet. Dieses gänzlich säurefreie Produkt findet immer ausgedehntere Anwendung als Ersatz für die natürlichen Asphalte. Lipinski ist der Meinung, daß, da die natürlichen Asphalte ebenfalls nur Oxydationsprodukte des Erdöls zu sein scheinen, in ihren Eigenschaften aber und wegen ihrer Unreinheit dem aus dem Säureteer erzeugten Produkt nachstehen, die Voreingenommenheit gegen das letztere vollkommen unbegründet ist, soweit es sich natürlich um Asphalte für die Zwecke der Straßenpflasterung oder Isolierung gegen Feuchtigkeit handelt.

Die erste Destillation des rohen Erdöls wird in der Regel bis zum koksartigen Rückstand getrieben. Beim pennsylvanischen Erdöl beträgt dieser Rückstand etwa 10 Proz. der Füllung der Blasen, und es ist schon lange wünschenswert gewesen, die Bildung dieses Rückstandes zu vermeiden und statt seiner verwertbare Produkte zu erzielen. Die Bedingungen, unter denen es möglich ist, die Zersetzung der Petroleumrückstände zu verhindern und neben einer vermehrten Ausbeute an Ölen Produkte zu erhalten, die in der Asphaltfabrikation Verwendung finden können, sind zuerst von Byerley erkannt worden, und er hat ein Verfahren ausgearbeitet, daß nach C. F. Mabery und Byerley[2]) in Folgendem besteht:

Als Ausgangsmaterial bei dem von den Genannten beschriebenen Verfahren dienen die schweren Öle von 25 bis 28° Bé, welche bei der Destillation nach dem Abtreiben der für Brennöle geeigneten Fraktion in der Blase zurückbleiben. Eine Probe dieses teerartigen Produkts zeigte bei 20° ein spezifisches Gewicht von 0,9325; es absorbierte 12,18 Proz. Brom und gab dabei 2,23 Proz. Bromwasserstoff ab. In Retorten von der Form einer Käseglocke mit etwas kleinerem Durchmesser als Höhe und mit Böden von Stahlblech versehen, wird dieser Teer zur Destillation gebracht; die Blasen fassen ungefähr 150 Barrels, wobei sie etwa zur Hälfte gefüllt sind. Wesentlich ist die Einleitung von Luft in die Flüssigkeit während der Destillation; sie wird durch

[1]) Chem.-Ztg. 1896, Rep. S. 106. — [2]) Amer. Chem. Journ. 1896, p. 141; Chem.-Ztg. 1896, Rep. S. 77.

fünf vertikale Röhren von $1^1/_2$″ Durchmesser, welche bis nahe zum Boden der Blase reichen, eingeführt. Vom Scheitel des Doms führt ein 6zölliges Abzugsrohr für die Dämpfe nach den Kondensatoren, welche mit Rezipienten in Verbindung stehen, an welchen Luftpumpen und Exhaustoren Luft durch die Blase saugen; die Temperatur wird mittels eines in die Flüssigkeit eintauchenden Pyrometers kontrolliert.

Man heizt zunächst auf 232 und später auf 343° F, auf welcher Höhe die Temperatur gehalten wird. Schon aus der Menge des Destillats ergibt sich eine bequeme Kontrolle für den Prozeß; das Destillat besitzt die Eigenschaften der weniger flüchtigen Bestandteile des rohen Erdöls, ist von dunkelroter Farbe und kann durch Schwefelsäure raffiniert werden. In der Praxis wird das gesamte Destillat auf Brennöl verarbeitet. Die Qualität des zurückbleibenden Asphalts hängt von der Dauer der Destillation ab, die in der Regel in vier bis fünf Tagen beendet ist; je weiter sie ausgedehnt wird, um so härter fällt natürlich der restierende Asphalt aus.

Die während des Prozesses durch die Flüssigkeit gesogene Luft bewirkt nicht allein eine teilweise Oxydation, namentlich wenn der Teer von schwefelhaltigen Ölen herrührt, sondern sie verhütet auch durch die fortwährende Bewegung der Flüssigkeit eine Zersetzung bzw. Verkokung derselben; als Oxydationsprodukte entweichen außer Wasserdampf und schwefliger Säure noch etwas Schwefelsäure. Der Schwefel wird indessen nur zum Teil oxydiert; ein Teil desselben bleibt im Asphalt erhalten, und ein geringer Teil findet sich in dem überdestillierten Öl. An Handelsprodukten entstehen bei diesem Prozeß:

1. Goudron, flüssiger Asphalt, welcher als Zusatz bei der Ausführung von Gußasphaltarbeiten dient;
2. Dachasphalt, zur Herstellung von Dachpappe und Isoliermaterialien für Telephonleitungen geeignet;
3. Straßenasphalt und
4. Byerlyt oder Firnisasphalt, ein ausgezeichnetes Material zur Herstellung der feinsten Sorten von Japanlack und dunklen Firnissen.

Die einzelnen Produkte zeigen folgende elementare Zusammensetzung:

	Goudron	Dachasphalt	Straßenasphalt	Byerlyt
C	86,22	86,48	86,90	87,44
H	10,91	10,33	10,20	9,31
S	0,30	0,40	0,39	0,41
N	0,18	0,61	0,63	0,64
O (durch Differenz)	2,39	2,18	1,88	2,20
Spezifisches Gewicht	0,9560	1,00	—	1,04

Wie Mabery[1]) hervorhebt, findet bei diesem Prozeß weniger eine Aufnahme von Sauerstoff, als ein Verlust an Wasserstoff statt, und es liege daher

[1]) Chem.-Ztg. 1896, S. 83.

hier ein Fall von Polymerisation (?) vor. Da der natürliche Asphalt sich in seinen Eigenschaften kaum von dem künstlichen Produkt unterscheidet, ist Mabery geneigt, anzunehmen, daß derselbe auf die gleiche Weise in der Natur sich gebildet habe.

Nach einer Mitteilung von Clifford Richardson[1]) wird neuerdings auch künstlicher Asphalt aus Petroleumrückständen dadurch hergestellt, daß man Schwefeldämpfe bei hoher Temperatur auf dieselben einwirken läßt; der Schwefel soll hier die gleiche Rolle spielen, wie der Sauerstoff in dem von Mabery und Byerley angegebenen Verfahren. Eine Analyse des auf diese Weise erhaltenen Produkts, welche diese Frage entscheiden könnte, ist in der von uns benutzten Quelle leider nicht angegeben.

Ein in dieser Richtung sich bewegendes Patent entnahm auch J. A. Dubbs[2]). Rohpetroleum oder Petroleumrückstände werden mit Schwefel erhitzt, dann die Temperatur erniedrigt und abermals Schwefel zugesetzt und erhitzt und dies noch ein drittes Mal wiederholt, worauf man schließlich weiter erhitzt, bis das Produkt den gewünschten Härtegrad erreicht hat. Späterhin hat derselbe[3]) das Verfahren dahin abgeändert, daß die Rückstände zuvor einer Behandlung mit Dampf unterworfen werden zur Entfernung der vorhandenen Paraffine. Nachdem durch hinreichendes Erhitzen alle Feuchtigkeit ausgetrieben ist, wird Schwefel in bestimmten Verhältnissen, die sich nach dem Härtegrad des zu erzeugenden Produkts richten, zugesetzt und so lange bei einer wenig unter der Destillationsgrenze liegenden Temperatur weiter erhitzt, bis das gewünschte Produkt erzielt ist.

D. W. Peiks[4]) auf der gleichen Reaktion beruhendes Patent ist dadurch gekennzeichnet, daß man auf 10 bis 20 Gew.-Tle. Petroleumrückstände oder ähnliche Kohlenwasserstoffverbindungen 50 Gew.-Tle. Teer und 50 Gew.-Tle. Harz zusetzt und das Gemisch unter Umrühren auf etwa 160° erhitzt, worauf man unter fortgesetztem Rühren und Steigerung der Temperatur auf 177° und darüber ungefähr 3 bis 6 Tle. Schwefel zusetzt. Es kann auch ein Teil der Kohlenwasserstoffverbindungen zurückbehalten, mit dem Schwefel gemischt und zusammen mit diesem der erhitzten Mischung später zugefügt werden.

Einer weiteren, allerdings nur in beschränktem Maße ergiebigen Quelle für künstliches Asphaltmaterial haben wir im Anschluß an die Paraffin- und Mineralöl- sowie Petroleumindustrie zu gedenken, d. i. des sogenannten Ölgasprozesses. Man weiß seit langer Zeit, daß es möglich ist, durch pyrogene Zersetzung von Ölen, Fetten und schweren Kohlenwasserstoffen ein Gas herzustellen, welches eine sehr hohe Leuchtkraft besitzt und vielfache Verwendung findet, in der letzten Zeit namentlich zur Beleuchtung von Eisenbahnwagen, weil es sich leicht komprimieren läßt, und welches unter den Namen „transportables Gas", „Fettgas" oder „Ölgas" bekannt ist.

Als Rohmaterial zur Herstellung dieses Gases dienen heute ausschließlich die bei der Verarbeitung des Braunkohlen- oder Leuchtschieferteers, sowie des rohen

[1]) Ebend. 1897, S. 289. — [2]) Amer. Pat. Nr. 468 867, 1892. — [3]) Amer. Pat. Nr. 480 234, 1892. — [4]) D. R.-P. Nr. 124 629 vom 9. April 1899; Chem. Ind. 1902, S. 52.

Erdöls entfallenden schweren Öle, in der Regel „Gasöl“ genannt. Diese Öle werden in glühende Retorten eingeführt, worin sie sich zunächst verflüchtigen, während die gebildeten Dämpfe sich dann an den heißen Wänden der Retorten, sowie in dem hoch erhitzten Retortenraum selbst in gasförmige Körper und einen Teer zersetzen, der sich in der Vorlage sammelt, den sogenannten Öl- oder Fettgasteer. Der Vorgang, der bei der Bildung des Ölgasteers stattfindet, ist der, daß die schweren, wie wir gesehen haben, größtenteils ungesättigten Reihen angehörigen Kohlenwasserstoffe in einfache gesättigte Kohlenwasserstoffe und gasförmige Olefine zerlegt, und daß außerdem durch Einwirkung der überhitzten Retortenwände auf die Öldämpfe unter Abspaltung von Kohlenstoff aromatische Substanzen gebildet werden.

Es resultiert demzufolge ein Teer, der zwischen dem Braunkohlenteer und dem Erdöl einerseits und dem Steinkohlenteer anderseits gerade in der Mitte steht; seine Menge beträgt 30 bis 45 Proz. des zur Vergasung gelangten Öls, und er wird im großen und ganzen noch heute als lästiges Nebenprodukt betrachtet, wenngleich er auch häufig in der Asphaltindustrie Verwendung findet. Er ist zwar in Farbe und Geruch dem Steinkohlenteer äußerst ähnlich, ist aber viel dünnflüssiger als jener und besitzt ein spezifisches Gewicht von nur 0,95 bis höchstens 1,00.

Die Untersuchungen, die über die Zusammensetzung des Ölgasteers vorliegen, zeigen, daß diese mit Rücksicht auf die verschiedene Natur des Rohmaterials, sowie die wechselnde Bildungstemperatur eine sehr schwankende ist. Neben den im Steinkohlenteer vorhandenen aromatischen Kohlenwasserstoffen (Phenole und Basen fehlen, weil das Rohöl keinen oder äußerst wenig Stickstoff und Sauerstoff enthält) finden sich Kohlenwasserstoffe der Fettreihe, namentlich Olefine und Azetylene und bisweilen auch niedrig siedende, gesättigte Kohlenwasserstoffe dieser Klasse. Scheithauer[1]) hat einen, wohl aus Braunkohlenteerölen gewonnenen Ölgasteer untersucht und gibt dafür folgende Siedeanalyse:

von 70 bis 110 bis 150°	gehen über	5 bis 10	Proz.
„ 150 „ 200°	„ „	5 „ 10	„
„ 200 „ 250°	„ „	20	„
„ 250 „ 300°	„ „	20	„
über 300°	„ „	30	„
Rückstand und Verlust	. . . . .	10	„

Ein von Dworkowitsch[2]) aus russischen Petrolrückständen hergestellter Teer lieferte bei der Verarbeitung:

Benzol	32,40	Proz.
Leichte Öle	41,10	„
Anthrazen	0,14	„
Schmieröl	11,00	„
Pech	11,00	„

[1]) Die Fabrikation der Mineralöle usw., S. 282. Braunschweig 1895. Friedr. Vieweg & Sohn. — [2]) Journ. of Gaslighting 1893, p. 1083.

Wie der Steinkohlenteer enthält auch der Fettgasteer reichliche Mengen von suspendiertem freien Kohlenstoff, dem er auch in erster Linie seine Farbe verdankt.

Die Destillation des Ölgasteers wird nur in vereinzelten Fällen in größerem Maßstabe betrieben; sie liefert eine sehr benzolreiche Naphta, die unter dem Namen „Hydrokarbon" zum Karburieren von Leuchtgas verwendet wird, eine mittlere Fraktion, welche als sogen. „Putzöl" verkauft wird, und einen der Zersetzung entgangenen Teil, der häufig wieder zur Vergasung dient, vielfach aber auch als sogen. „Bohröl" in der Eisenindustrie Verwendung findet. In den Blasen verbleibt eine schwarze, nach dem Erkalten zähflüssige Masse, die in der Asphaltindustrie als Surrogat für Goudron gern gebraucht wird. In seinen Eigenschaften steht dieser Goudron etwa in der Mitte zwischen weichem Steinkohlenteerpech und Goudron aus Braunkohlenteer.

Zweiter Teil.

Der natürliche Asphalt und seine Anwendung in der Industrie und den Gewerben.

Die wertvollen, bzw. differenten Eigenschaften der in der Natur vorkommenden reinen Asphalte und Asphaltmaterialien haben nicht wenig dazu beigetragen, die Anwendung derselben in Industrie und Technik so vielseitig als möglich zu gestalten.

Wenn wir diese Eigenschaften noch einmal rekapitulieren, so sind es kurz die folgenden: 1. die große Beständigkeit des Asphalts gegen den Einfluß der Wärme, der Atmosphärilien, sowie saurer und alkalischer Flüssigkeiten, Dämpfe und Gase; 2. die Löslichkeit in leichtflüchtigen Lösungsmitteln, wie Benzin, Benzol, Terpentinöl usw.; 3. seine glänzend schwarze Farbe, welche Eigenschaften in ihrer Zusammenwirkung ihn geschaffen machen wie kein anderes Material zur Herstellung von Farben, Firnissen und Lacken aller Art und für alle Zwecke; 4. sein schlechtes Leitungsvermögen für Wärme, Elektrizität und Schall, Eigenschaften, von denen vielfach für Isolierungszwecke der verschiedensten Art Gebrauch gemacht wird; 5. seine Lichtempfindlichkeit, welche die Grundlage eines wertvollen Vervielfältigungsverfahrens für künstlerische Erzeugnisse bildet; 6. die Wasserdichtigkeit; 7. die Widerstandsfähigkeit gegen mechanische Abnutzung und 8. sein hohes Elastizitätsvermögen, vermöge deren man imstande ist, ihn zur Herstellung von wasserdichten, geräuschlosen und elastischen und darum hygienisch wertvollen Belägen für Gehwege und Fahrstraßen, Dächer, Veranden, Keller- und Innenräume zu benutzen.

Wir sehen also, daß der Asphalt in allen Zweigen menschlicher Tätigkeit eine Rolle zu spielen berufen ist. Weitaus den größten Verbrauch findet er im Baugewerbe, und zwar hauptsächlich als Straßenbaumaterial, als Fußbodenbelag oder als Isolierschicht gegen aufsteigende Feuchtigkeit und Grundwasser. Es sind vornehmlich zwei Formen der Ausführung, welche hier in Frage kommen: der Stampfasphalt und der Gußasphalt. Welche enorme Quantitäten an Asphalt zu diesem Zwecke verbraucht werden, mögen folgende Zahlen ergeben: Im Jahre 1881 [1]) lagen in Berlin ungefähr 130 000 qm Stampfasphalt, dagegen im Jahre 1897 [2]) schon 1 418 400 qm; im gleichen Jahre besaß London 185 380, Paris 357 260 und Wien 82 450 qm Asphaltfahrstraßen.

Das gemeinschaftliche Rohmaterial für beide Arten der Asphaltierung bildet der unter dem Namen „Asphaltstein" bekannte bituminöse Kalk, über dessen Vorkommen und Gewinnung wir bereits in einem früheren Kapitel

---

[1]) J. Dietrich, Die Asphaltstraßen, S. 70. — [2]) Bau-Industrie 1897, Nr. 5.

Ausführlicheres mitgeteilt haben. Dieses Gestein wird durch Mahlen in den Zustand feiner Verteilung gebracht und in diesem Zustand als sogenanntes „Asphaltpulver" direkt zur Herstellung von Stampfasphaltarbeiten für Fahrstraßen usw. verwendet. Zur Herstellung von Gußasphaltarbeiten muß das pulverisierte Material noch mit einem Zusatzmittel, dem sogenannten „Goudron", verarbeitet werden, um „Asphaltmastix" zu bilden, welcher in geschmolzenem Zustande zum Belegen von Fußsteigen, Balkons, Dächern usw. oder zum Isolieren von Grundmauern und dergleichen dient. Alle drei Produkte werden fabrikmäßig hergestellt und sind Handelsartikel.

Als wichtigsten Zweig der Industrie des natürlichen Asphalts werden wir daher im folgenden zunächst seine Verarbeitung und Verwendung zu Stampf- und Gußarbeiten zu besprechen haben und lassen dann, daran anschließend, seine Verarbeitung zu anderen Zwecken folgen.

Sechstes Kapitel.

Die Herstellung des „Asphaltpulvers“ und seine Verwendung zu Stampfasphaltarbeiten.

Man kann ohne weiteres sagen, daß fast alles Asphaltpulver, welches zu Stampfasphaltarbeiten verwendet wird, direkt aus dem natürlichen Gestein durch mechanische Bearbeitung gewonnen wird. Es existieren zwar eine Reihe von Patenten, welche dieses Produkt auf künstlichem Wege erzeugen wollen, aber sie alle haben, vielleicht mit Unrecht, größeren Eingang nicht gefunden wegen des leicht begreiflichen Mißtrauens, das nun einmal jedem künstlichen Produkt entgegengebracht wird. Bevor wir daher auf die Herstellung des Asphaltpulvers näher eingehen, dürfte es am Platze sein, über die

Gewinnung und Eigenschaften des Asphaltsteins

einiges vorauszuschicken. Wie wir in den beiden ersten Kapiteln bereits kennen gelernt haben, sind die Hauptfundorte für dieses Gestein das Val de Travers, Seyssel, Lobsann, Sizilien (Ragusa), Limmer und Vorwohle. An diesen Lagerstätten wird der Asphaltstein teils durch Tagebau, teils durch Schacht- und Stollenbau gefördert. Die Sprengung der Felsen erfolgt meistens durch Pulver, welches sich bei dem weichen Gestein besser bewährt hat als Dynamit. Die Herstellung der Bohrlöcher kann größtenteils mit sogenannten Handlöffelbohrern erfolgen. Das gebrochene Gestein wird meist am Ort der Gewinnung selbst weiter verarbeitet, zuweilen aber auch direkt als solches verschickt.

Je nach seinem Reichtum an Bitumen wechselt die Farbe des Asphaltsteins von grau bis schwarzbraun; ein Gestein mit normalem Bitumengehalt (etwa 10 Proz.) besitzt die Farbe der Schokolade. Die Härte des Gesteins wechselt gleichfalls mit dem Bitumengehalt, so daß ein sogenannter „magerer“ Stein beim Zerschlagen in bezug auf Bruch und Klang sich kaum vom reinen Kalkstein unterscheidet, während „fettes“ Gestein als plastische Masse beim Anschlagen einen Eindruck vom Hammer empfängt, ja sich bis zu gewissem Grade breit schlagen läßt und nur einen dumpfen und stumpfen Ton gibt. Ein derartiges Gestein läßt sich auch mit dem Messer leicht bearbeiten oder bei noch

höherem Bitumengehalt leicht zwischen den Fingern zerdrücken. Ebenso wechselt mit dem Gehalt an Bitumen auch das spezifische Gewicht des Asphaltsteins, welches aber auch anderseits von der Natur des Gesteins beeinflußt wird; ein Gestein mit etwa 10 Proz. Bitumen besitzt ein spezifisches Gewicht von ungefähr 2 bis 2,15.

Über die Zusammensetzung des Asphaltsteins verschiedener Gruben gibt Dietrich[1]) folgende Zusammenstellung:

	Val de Travers	Seyssel-Pyrimont	Lobsann	Ragusa	Cessi	Roccamorice	Limmer, Deutsche Ges.	Vorwohle, Deutsche Ges.
Bitumen	10,15	8,15	12,32	8,92	7,15	12,46	14,30	8,50
Kohlensaurer Kalk	88,40	91,30	71,43	88,21	73,76	77,53	67,00	80,04
Schwefels. Kalk	—	—	—	—	1,72	2,63	—	—
Ton u. Eisenoxyd	0,25	0,15	5,91	0,91	3,02	2,17		4,03
Schwefel	—	—	5,18	—	—	—		
Kohlens. Magnesia	0,30	0,10	0,31	0,96	14,24	4,71	17,52	0,55
Sand	—	—	3,15	0,60	0,10	0,50		
Sonstige säureunlösliche Stoffe	0,45	0,10	—	—	—	—		4,77
Verlust	0,45	0,20	1,70	0,40	—	—	1,18	2,11
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Weber[2]) gibt folgenden Bitumengehalt für nachstehende Asphaltpulver, wie sie zur Straßenpflasterung verwendet wurden:

Pyrimont-Seyssel	8	Proz. Bitumen
Val de Travers	9,25	" "
Lobsann	17	" "
Ragusa	19	" "

Ein Asphaltstein von Sysran an der Wolga (Gouvernement Simbirsk) zeigte folgende Zusammensetzung:

	I	II
Bitumen	30,50	20,1
Kohlensaurer Kalk	66,23	78,0
Kohlensaure Magnesia	3,27	
Sand	—	1,8
	100,00	100,0

Wir sehen also, daß der Grad der Durchsetzung des Gesteins mit Bitumen ein außerordentlich wechselnder und nicht einmal für das Gestein ein und derselben Abstammung derselbe ist. Diese Abweichungen hängen natürlich ebensosehr mit der physikalischen Beschaffenheit des durchsetzten Gesteins (Dichtigkeit

[1]) loc. cit. S. 17 u. 58. — [2]) Ebend.

des Gefüges, Feinheit des Korns), als wahrscheinlich auch mit dem Druck und der Natur des Bitumens zur Zeit der Imprägnierung und der Zeitdauer dieser letzteren selbst zusammen. Daraus erklärt es sich auch, daß der Bitumengehalt im Stein, der durchschnittlich zu etwa 10 Proz. angenommen werden kann, an manchen Stellen ein und derselben Lagerstätte auf 20 bis 30 Proz. steigen kann, während er anderseits wieder bedeutend unter den Durchschnittsgehalt sinkt und sogar inmitten des bituminösen Gesteins Schichten vorkommen, welche gänzlich frei von Bitumen sind.

Die Erfahrung hat aber gezeigt, daß es durchaus nicht gleichgültig ist für die Güte einer Stampfasphaltarbeit, welchen Bitumengehalt das verwendete Asphaltpulver besitzt; ist es zu arm an Bitumen, so besitzt es keine Bindekraft, und wenn es sich auch beim Komprimieren zu einer festen Schicht vereinigt, so ist diese doch nicht elastisch und undurchlässig genug für Feuchtigkeit und widersteht im Winter nicht der Kälte. Steigt der Bitumengehalt aber über das normale Maß, so ist eine aus derartigem Material hergestellte Pflasterung zu empfindlich gegen die Sonnenhitze, sie empfängt Eindrücke von Huf und Rad, wird uneben und löcherig und verschiebt sich leicht, besonders bei etwas geneigter Fahrbahn. Die Praxis hat gelehrt, daß die besten Resultate bei Stampfasphaltarbeiten bei einem möglichst gleichmäßigen Gehalt an Bitumen von etwa 8 bis 10 Proz. und nicht über 12 Proz. erzielt werden.

Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit der Sichtung des rohen Materials vor der weiteren Verarbeitung in der Weise, daß man das zu fette Gestein von dem mit normalem Bitumengehalt und dieses letztere wieder von dem zu mageren und tauben Gestein trennt, wie wir dies später sehen werden. Das mit großem Reichtum an Bitumen ausgestattete Gestein eignet sich vorzüglich zur Herstellung von Asphaltmastix, während das zu arme durch Zuschlag entsprechend reicher Partien für Stampfasphaltzwecke aufgebessert werden kann.

Es ist eine für den natürlichen Asphaltstein außerordentlich charakteristische Eigenschaft, daß er beim Erhitzen zu einem Pulver zerfällt, welches sich durch Druck wieder zu einer Masse von der Härte des ursprünglichen Gesteins verdichten läßt, und auf dieser Eigenschaft beruht seine Anwendung zu Stampfasphaltarbeiten. Aus diesem Verhalten in der Wärme geht aber hervor, daß in diesem Gestein die einzelnen Partikelchen weder durch molekulare Kohäsion, noch durch ein mineralisches Bindemittel zusammengehalten werden, sondern daß es lediglich der Asphalt ist, welcher die Teilchen zusammenkittet. Es ist daher sehr wahrscheinlich, daß durch das Eindringen, beziehungsweise die Verdickung des Erdöls im Gestein der molekulare Zusammenhang der Teile des ursprünglichen Gesteins gelockert worden ist und der Asphalt die Rolle des Bindemittels übernommen hat. Wenigstens ist es bei Versuchen, die 1880 im Conservatoire national des arts et métiers [1]) vorgenommen worden sind, nicht möglich gewesen, reines dickflüssiges Bitumen unter großem Druck in eine Lage gewöhnlichen körnigen Kalksteins einzupressen; dies gelang zwar durch längeres Kochen des Kalksteins in der Asphaltmasse, aber das künstlich imprägn-

[1]) Vgl. Dietrich, loc. cit. S. 11.

nierte Produkt besitzt nicht die Eigentümlichkeit, beim Erwärmen zu Pulver zu zerfallen, sondern es gibt in der Hitze sein gesamtes Bitumen wieder ab, ohne indessen sonst eine Veränderung zu erleiden. Daraus geht natürlich auch ohne weiteres hervor, daß ihm die Fähigkeit der Wiedervereinigung unter Wärme und Druck abgeht.

Das Sortieren der Asphaltsteine nach dem Bitumengehalt unter sich und vom tauben Gestein erfolgt in der Regel zu Tage durch einfaches Belesen, wobei die Farbe des Gesteins ein gutes Unterscheidungsmittel abgibt. In Lobsann wird nach Dietrich[1]) das rohe Gestein in stehenden zylindrischen Gefäßen von 1 m Durchmesser bei 1 m Höhe mit direktem Dampf, welcher das Gestein ohne Spannung durchstreicht, behandelt, wobei die bituminösen Teile derartig aufgeweicht werden, daß sie unter der Hand oder bei geringem Anstoßen in Stücke zerfallen, welche der Arbeiter leicht von dem wertlosen Gestein trennen kann, bevor sie den Zerkleinerungsmaschinen zugeführt werden. Man vermeidet ein direktes Erhitzen des Gesteins in der Absicht, eine Verflüchtigung wertvollen Bitumens zu verhüten; da aber das Material infolge des Dämpfens mit Feuchtigkeit beladen wird, welche der späteren Verwendung des Asphaltpulvers keineswegs zuträglich ist, schlägt Dietrich vor, das Erweichen des Asphalts durch Zufuhr von erhitzter Luft auszuführen bei einer Temperatur, bei welcher ein Verlust an Bitumen noch nicht zu befürchten steht.

Das Zerkleinern und Pulverisieren des Asphaltsteins.

Wir haben bereits erwähnt, daß der Asphaltstein beim Erhitzen in ein Pulver zerfällt, und dies war auch der Weg, dessen man sich früher zur Herstellung des Asphaltpulvers bedient hat. Das Erwärmen geschah in geschlossenen Gefäßen bei mäßiger Hitze, wobei man den Zerfall der härteren Teile durch Stampfen unterstützte und taubes Gestein gleichzeitig aussonderte. Hierbei verlor der Asphaltstein natürlich einen nicht unbeträchtlichen Teil seines Bitumens, der um so größer war, je weniger Vorsicht beim Erhitzen geübt worden ist. Sehr bald kam man daher dazu, das Gestein auf einem anderen Wege, dem für die Zerkleinerung harter Materialien allgemein üblichen, im Vorbrechen und Mahlen bestehenden, in den für die weitere Verarbeitung gewünschten Zustand zu bringen.

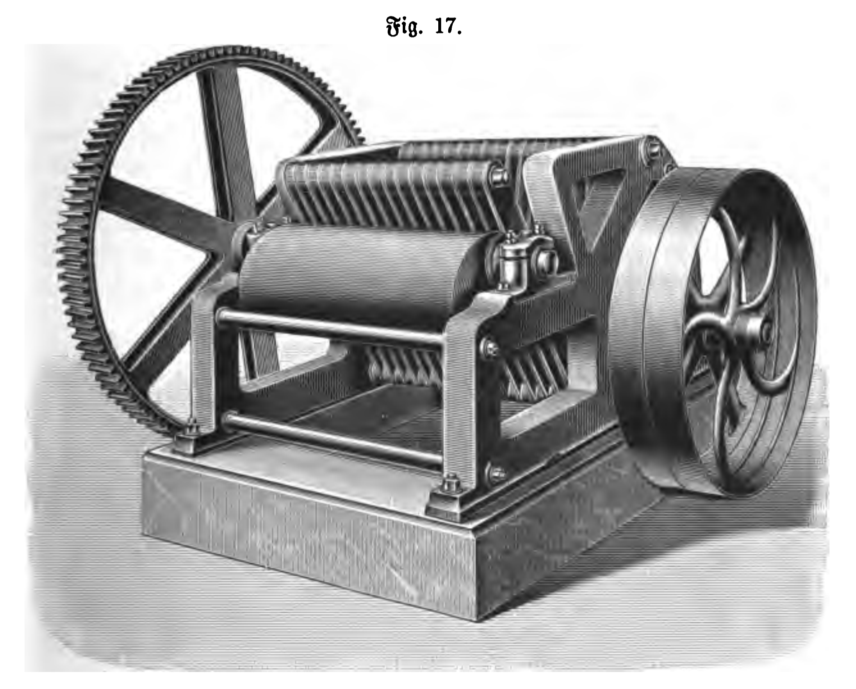
Aus den erwähnten Eigenschaften des Asphaltsteins geht ohne weiteres hervor, daß dies mit nicht geringen Schwierigkeiten verknüpft ist. Die Zähigkeit des Materials und seine Eigenschaft, in erwärmtem Zustande sich wieder zu komprimieren, machen ganz besondere Zerkleinerungsmaschinen notwendig. Es ist natürlich erforderlich, bevor das Gestein einem Mahlprozeß unterworfen wird, es in einen hierfür geeigneten Zustand, in Stücke von Ei- bis Faustgröße zu bringen. Früher geschah dies ganz allgemein durch Handarbeit, indem man die aus den Gruben kommenden Stücke spaltete und mit dem Hammer weiter bearbeitete. Das Mahlen dieser zerkleinerten Masse geschah

[1]) loc. cit. S. 23.

mit großen Schwierigkeiten zwischen gewöhnlichen, rotierenden Mühlsteinen, auf Kollergängen und später in Kugelmühlen mit konstanter Einfüllung und Entleerung. Aber infolge der durch die Reibung entstehenden Wärme komprimierte sich das Pulver fortwährend schon in den Mühlen, so daß diese bereits nach ganz kurzem Betrieb verschmiert waren und gereinigt werden mußten. Die Leistungsfähigkeit eines derartigen Verfahrens war natürlich nur eine sehr geringe und die Arbeit somit eine recht teure.

Später bediente man sich zum Vorbrechen der rohen Asphaltsteine spezieller Maschinen, sogenannter Steinbrecher, die durch Wasser- oder Dampfkraft betrieben wurden. In der Regel waren dies die gewöhnlichen Steinbrechmaschinen mit vollen Brechbacken oder mehrere übereinander liegende und gegen-

Fig. 17.



einander rotierende Walzenpaare von verschiedener Stellweite mit oder ohne Riffeln oder Stacheln. Erstere hatten den Nachteil, daß das Gestein an der Fläche der Backen festklebte und nicht rasch genug oder nur unter Anwendung von Handarbeit aus dem Maul des Brechers fiel; letztere bewährten sich nicht für jedes Gestein, und wo sie zur Zufriedenheit arbeiteten, verbrauchten sie doch zu viel Kraft.

Diese Mißstände führten im Laufe der Zeit zur Konstruktion der sogenannten „Gitterbrecher“, deren erste wohl in der Fabrik zu Val de Travers in Tätigkeit waren. Diese Apparate bestehen in der Hauptsache aus zwei Gittern aus Gußstahlstäben, welche an einer gemeinschaftlichen Achse scherenartig ineinander greifen. Fig. 17 stellt eine derartige Maschine vor, wie sie von der

Firma Siller und Dubois in Kalk bei Köln eigens für diesen Zweck gebaut werden. Die an der Seite des Gestells gelagerte Antriebswelle mit Voll- und Leerscheibe greift an der gegenüberliegenden Seite in ein Zahnrad mit vielfacher Übersetzung, welches seinerseits einen ovalen Exzenter in Bewegung setzt, der das eine, lose Gitter gegen das am Rahmen selbst montierte, feste preßt und es auf dem Rückwege infolge seiner Schwere wieder mitnimmt.

Der Apparat ist außerordentlich leistungsfähig und arbeitet nahezu ohne Verstopfung, weil das zwischen den einzelnen Stäben der Gitter unter Umständen sich festsetzende Material von dem nachfolgenden bei dem herrschenden hohen Druck einfach durchgepreßt wird. Der Verschleiß ist ein sehr geringer, und es können schadhafte Stäbe mit Leichtigkeit ausgewechselt werden. Je nach Wahl der Scheiben zwischen den einzelnen Stäben kann die Stückgröße des gebrochenen Gutes nach Belieben variiert werden. Die erforderliche Maschinenkraft vorausgesetzt, kann in diesen Brechern das Gestein in Stücken, wie sie aus der Grube kommen, direkt zerkleinert werden.

Als leistungsfähigste Mühlen zur weiteren Zerkleinerung des vorgebrochenen Asphaltsteins kommen heute ausschließlich die Desintegratoren (Schleudermühlen) in Betracht, die im vorliegenden Falle allen anderen Systemen weit überlegen sind. Diese Mühlen werden in gleich vorzüglicher Güte von den Firmen Siller u. Dubois in Kalk und Brinck u. Hübner in Mannheim gebaut; die folgende, von diesen Firmen gegebene Beschreibung derselben erläutere ihre Wirkungsweise.

Diese Mühlen bestehen im wesentlichen aus 4, 6 und mehr konzentrisch ineinander laufenden Trommeln, deren zylindrische Umfassungswände aus Stäben gebildet sind, welche an der einen Seite auf Scheiben und an der anderen in Ringen verschraubt oder vernietet sind. Die erste (innere) und dritte bzw. fünfte usw. Trommel bilden ein zusammenhängendes Ganze, welches mit der Nabe der Scheibe auf die eine Achse befestigt ist und von dieser mittels einer Riemenscheibe in rotierende Bewegung gesetzt wird; ebenso sind auch die zweite und vierte bzw. sechste usw. Trommel als zusammenhängender Teil des Apparates auf die andere Achse befestigt, um von einer zweiten Riemenscheibe betrieben zu werden. Der eine Riemen ist nun in der gewöhnlichen Weise aufgelegt, während der andere gekreuzt wird, so daß die beiden Trommelapparate in entgegengesetzter Richtung rotieren.

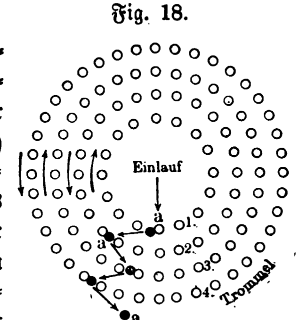
Der Betrieb erfolgt gewöhnlich durch eine gemeinschaftliche Vorlegwelle, die von der Haupttransmissionswelle bewegt wird.

Die zu pulverisierenden Materialien werden durch einen an dem Umhüllungskasten befindlichen Trichter mit verstellbarem Regulierapparat permanent in das Innere des Apparats gebracht und aus der ersten Trommel durch die entsprechend weiten Zwischenräume der Stäbe infolge der Zentrifugalkraft in die zweite entgegengesetzt laufende geschleudert, wo sie, teilweise zerschlagen, aus dieser in die dritte (wieder in der Richtung der ersten laufenden) getrieben, immer weiter zerkleinert in die vierte (äußere) bzw. fünfte, sechste usw. gelangen und von derselben in pulverisiertem Zustande gleichmäßig an allen Punkten der Peripherie herausgeschleudert werden.

Diese Operation dauert nur höchstens eine Sekunde (je nach der Größe und Umfangsgeschwindigkeit der Trommeln), in welcher kurzen Zeit die Materialien den Trommelapparat passiert haben.

Die nebenstehende Fig. 18 zeigt die Anordnung der Stäbe, wobei die Pfeile die Drehungsrichtung der Trommeln bzw. die Richtung der Bahn angeben, welche ein Körperteilchen *a* in dem Apparat durchlaufen muß.

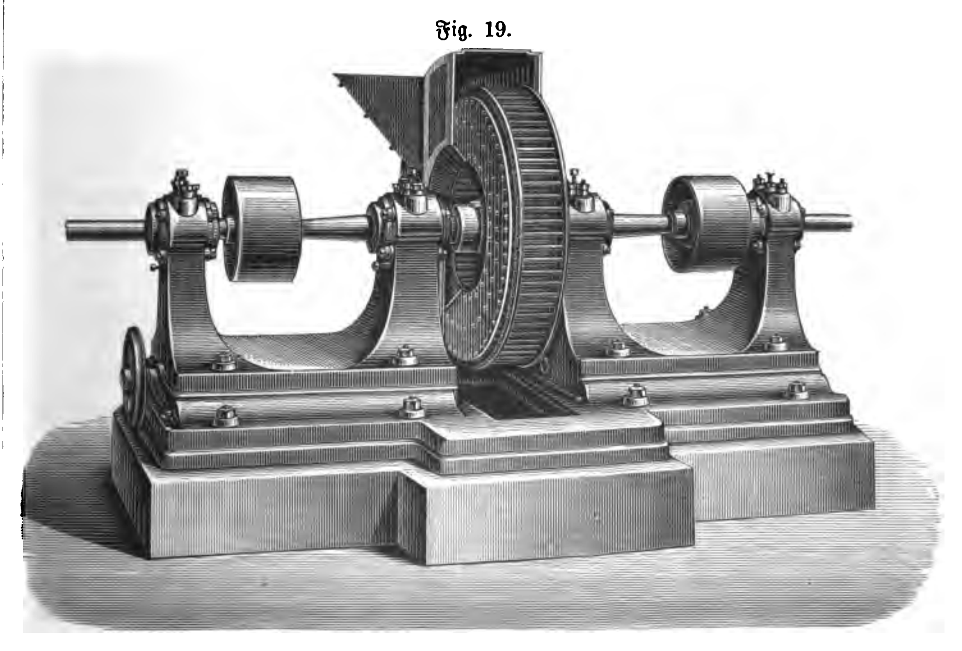
Fig. 18.



Die zerkleinernde Wirkung erfolgt hier zunächst durch die Schläge in den mit entsprechender Geschwindigkeit abwechselnd in entgegengesetzter Richtung rotierenden Trommeln und dann noch hauptsächlich, was für das Pulverisieren und Feinmahlen sehr wichtig ist, durch die Reibung des mit großer Vehemenz kreuzweise durcheinander geschleuderten Materials in sich selbst, welches in Strömen (der Trommelbreite entsprechend) fortwährend im Zickzack durchgejagt und gepeitscht wird, wodurch es sich vollends aneinander zerreibt.

Der Trommelapparat ist mit einem aus mehreren Teilen dicht zusammengeschraubten Blechkasten umhüllt (s. Fig. 19), der sich aber behufs etwaiger

Fig. 19.



Reinigung oder Untersuchung des Apparates leicht auseinandernehmen und abheben läßt. Das pulverisierte Produkt fällt aus der Öffnung in der Grundplatte nach unten durch einen im Fundament seitlich angebrachten Kanal

heraus und wird aus einem Sammelbehälter durch einen Elevator wieder heraufgeschafft oder, bei einem kleinen Quantum, in Kasten oder Säcken aufgefangen.

Die Größe der Trommeln, die Zahl der Umdrehungen, die Anordnung, Stärke und Anzahl der Stäbe richtet sich nach dem zu verarbeitenden Quantum, nach der Festigkeit der zu pulverisierenden Materialien und nach dem Grade der zu erzielenden Feinheit des Produkts. Man kann gröber oder feiner mahlen und jede beliebige Feinheit erzielen, je nachdem man dem Apparate eine geringere oder größere Geschwindigkeit gibt und je nachdem man die Entfernung der Stäbe wählt. Man wendet auch häufig sechs bis acht Trommeln an, besonders wenn es sich darum handelt, sehr fein zu mahlen.

Bei dieser Art der Zerkleinerung wird die aufgewendete Kraft am vorteilhaftesten nutzbar gemacht, da dieselbe mit Ausnahme der Reibung in den Achsenlagern ganz der zerkleinernden Wirkung zu gute kommt. Hierdurch erklärt sich auch die außergewöhnlich große Leistungsfähigkeit der Schleudermühlen im Vergleich zu allen anderen Mühlen und Zerkleinerungsmaschinen.

Da die Wirkung durch Schlagen, Zerschmettern und durch das Zerreiben des in den Trommeln freischwebenden Materials in sich selbst erfolgt, kann man auch klebrige und nicht ganz trockene Körper bis zu einem gewissen Grade, d. h. soweit es überhaupt möglich ist, zerkleinern, wozu es sonst keine passende Maschine und maschinelle Einrichtung gibt.

Die Schleudermühlen eignen sich auch ganz vorzüglich zum innigen Mischen verschiedener Körper, wenn dieselben in unzerkleinertem oder feinem Zustande gleichmäßig in den Trommelapparat eingeführt werden oder vor dem Aufheben etwas durcheinander geschaufelt worden sind. Bei der großen Leistungsfähigkeit kann man in verhältnismäßig kurzer Zeit das Gemisch mehrere Male durch den Apparat jagen, um dadurch die möglichst innigste Mischung der verschiedenen Körperteilchen zu bewirken; für gewöhnlich genügt aber ein einmaliger Durchgang.

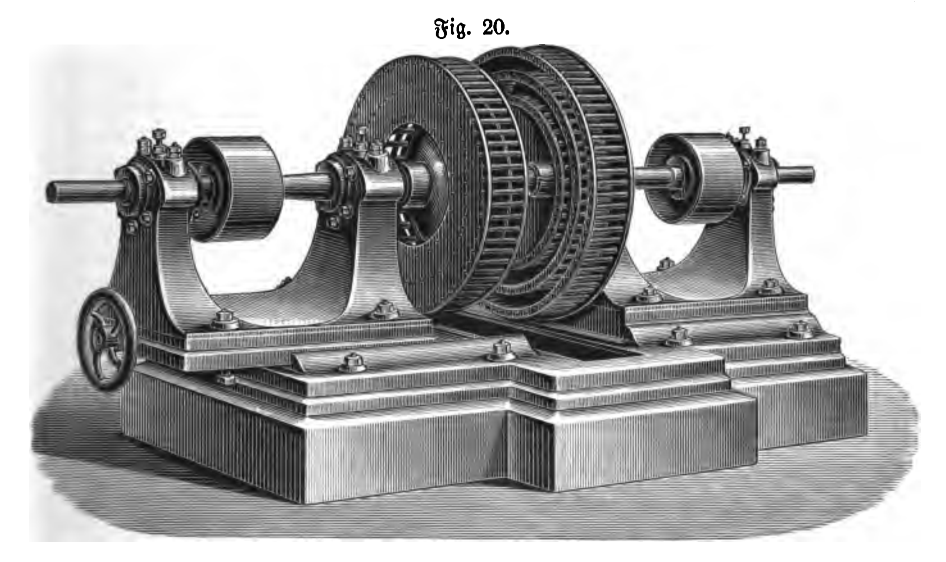
Die Abnutzung und der Verbrauch an Schmiermaterial sind im Verhältnis der Leistungen sehr gering; für die Zerkleinerung von harten Körpern werden die Stäbe aus Stahl angefertigt.

Die vier Lager sind nach verbesserter Konstruktion hergestellt, ähnlich den Achsenlagern der Eisenbahnwagen ganz verschlossen und verdichtet, damit kein Staub und Schmutz eindringen kann. Die hohlen Lagerkörper werden so weit mit Öl gefüllt, daß die Laufstellen teilweise davon umgeben sind und von selbst geschmiert werden; außerdem sind noch Filzlappen eingezogen, um das Öl bei geringer Füllung aufzusaugen und an die Laufstellen abzugeben. Bei dieser vorzüglichen Konstruktion sind Lager und Achsen am sichersten vor dem gefährlichen Warmlaufen geschützt und die Reibung und der gewöhnliche Verschleiß sehr vermindert, während der Ölverbrauch auf ein Minimum reduziert wird.

Das abgenutzte dicke Schmieröl sinkt nach unten in die Höhlungen und muß von Zeit zu Zeit abgelassen werden, damit von oben wieder frisches Öl nachgefüllt werden kann.

Bei der Verarbeitung von klebrigen Materialien muß der Trommelapparat häufiger gereinigt werden, was in der gewöhnlichen Weise von außen sehr umständlich und zeitraubend ist. Es ist deshalb für diesen Zweck eine besondere Konstruktion gemacht worden, bei welcher sich die abgehobelten Spindelkasten mit den Achsen und dem zugehörigen halben Trommelapparat auf der ebenfalls an den betreffenden Stellen abgehobelten Grundplatte leicht und schnell mittels einer Schraubenspindel ausziehen lassen, um die Reinigung im Innern der Trommeln bequem und rasch zu bewirken. Das Aus- und Ein-

Fig. 20.



rücken des Apparates kann jeder gewöhnliche Arbeiter mit Sicherheit ausführen, vgl. Fig. 20.

Diese Schleudermühle zeichnet sich nun, wie aus der vorstehenden Beschreibung und der nachstehenden Tabelle hervorgeht, vor allen anderen Mühlen und Zerkleinerungsmaschinen durch wesentliche Vorteile aus, und zwar hauptsächlich:

1. durch die außerordentlich große Leistungsfähigkeit im Verhältnis der aufzuwendenden Kraft und Zeit;

2. durch die Fähigkeit, daß sie auch feuchte und sogar klebrige Körper, wie grubenfeuchten Ton, Asphalt, Superphosphate, pulverisieren kann;

3. dadurch, daß man den Grad der Feinheit des zu erzielenden Produktes (Pulver) durch die Umdrehungsgeschwindigkeit, welche man den Trommeln gibt, regulieren kann;

4. durch die Verwendbarkeit zur innigsten Mischung der verschiedensten, sowohl feuchten wie trockenen Materialien, auch bei sehr ungleichem spezifischen Gewicht;

5. durch die äußerst einfache Konstruktion ohne jegliche komplizierte Einrichtung und ohne alle feinen Teile, so daß also die Reparaturen auf ein

Modell-Nr.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Durchmesser der äußeren Trommel in Metern . .	2,000	1,750	1,500	1,250	1,100	1,000	0,900	0,800	0,700	0,600	0,500
Annähernde Zahl der Umdrehungen pro Minute .	250—300	250—350	300—450	400—600	400—800	500—900	600—900	600—1000	700—1000	800—1100	800—1200
Annähernde Leistung pro Stunde in Kilogrammen	30 000	20 000	15 000	9000	6000	4000	2500	1500	800	400	250
Kraftverbrauch in Pferdekräften	30—40	26—35	20—25	10—15	8—12	7—10	6—8	5—7	3—6	2—4	2—3
Durchmesser der Antriebsscheiben in Millimetern .	650	600	550	500	450	400	350	300	300	250	250
Raumverbrauch zur Aufstellung in Metern, Länge	4,5	3,9	3,0	3,0	2,4	2,4	2,0	2,0	1,7	1,7	1,3
Raumverbrauch zur Aufstellung in Metern, Breite	3,0	2,6	2,5	2,0	1,6	1,6	1,35	1,35	1,15	1,15	1,0

Die vorstehenden Angaben über Umdrehungsgeschwindigkeit, Leistung und Kraftverbrauch gelten für mittelharte Materialien, wie Tonschiefer, Gipsstein und Salze; die bezüglichen Zahlen sind natürlich abhängig von dem spezifischen Gewicht, der Festigkeit und Zähigkeit des zu verarbeitenden Körpers und der zu erzielenden Feinheit des zu pulverisierenden Produkts, sowie von der aufgewendeten Kraft und der Anzahl der Trommeln.

Minimum beschränkt werden und jeder gewöhnliche Arbeiter imstande ist, den Betrieb zu besorgen;

6. durch die geringen Anlagekosten und den kleinen Raum, den sie einnimmt (im Verhältnis der Leistung) und durch die einfache Fundamentierung und Aufstellung.

Nach unseren Erfahrungen dürfte die angegebene Leistungsfähigkeit für Asphalt von mittlerem Bitumengehalt je nach der Jahreszeit auf die Hälfte oder ein Drittel zu reduzieren sein und ist dann immer noch respektabel genug, um von keinem anderen System überboten zu werden. Ein nicht zu unterschätzender Vorteil der Desintegratoren ist es aber auch, daß sie ein inniges Mischen fetter und armer Asphaltsteine zu einem Produkt von normalem Bitumengehalt durch nur einmalige Mahlung ermöglichen; dies ist bei anderen Mühlen aus dem Grunde nicht möglich, weil das fette Gestein sich an die Mahlfläche ansetzt und die Mühle sehr bald derart verschmiert, daß sie nicht mehr funktioniert. Beim Desintegrator dagegen werden durch den enormen Anprall, mit welchem die Steine gegen die Stäbe fliegen, etwa festsitzende fettere Teile wieder abgeschlagen, so daß er sich also bis zu einem gewissen Grade von selbst wieder reinigt.

Aus dem Desintegrator fällt das Mahlgut direkt in einen Elevator, der es auf eine Siebvorrichtung hebt, deren Maschenweite entsprechend der Feinheit des Mahlguts gewählt ist. Empfehlenswert sind hierzu sogenannte vibrierende Flachsiebe, wie sie von der Firma M. Neuerburg in Köln gebaut und durch Fig. 21 erläutert werden. An manchen Orten werden rotierende Trommelsiebe (s. Fig. 22) vorgezogen, weil sie angeblich sich weniger leicht verschmieren sollen, namentlich wenn sie gleichzeitig mit einer Abklopfvorrichtung versehen sind, welche die Trommel in fortwährender Erschütterung hält, so daß das zähe Asphaltmehl nicht Zeit findet, sich zwischen den Maschen festzusetzen. Auf diesen Sieben erfolgt die Sortierung des Mahlguts derart, daß das Pulver von richtiger Korngröße direkt dem Lagerraum zugeführt oder in Säcke abgefüllt wird, während der gröbere Teil in den Desintegrator zurückwandert. Auf Fig. 21 ist diese Anordnung deutlich sichtbar; Trichter *a* dient zur Aufnahme des gesiebten Asphaltpulvers, während durch Trichter *b* die groben Anteile des Mahlguts dem Desintegrator wieder zugeführt werden.

Die Fig. 23 bis 25 zeigen eine Anlage zum Mahlen von Asphaltstein im Grundriß, der Vorder- und Seitenansicht, wie solche von der Firma Siller und Dubois gebaut werden. Man sieht den Desintegrator in einer geräumigen Vertiefung untergebracht, so daß der gebrochene Asphaltstein auf einer schiefen Ebene ihm direkt zugeführt wird. Unterhalb der Entleerungsöffnung des Desintegrators greift der Elevator ein, welcher das Mahlgut auf das Schüttelsieb hebt, von welchem das zur Verarbeitung fertige Asphaltpulver durch einen Trichter zum Lager oder der weiteren Verarbeitungsstätte gelangt, während das nicht genügend zerkleinerte Gestein wieder in den Steinbrecher zurückgeführt wird, um aufs neue die Mühle zu passieren.

Das Asphaltpulver ist in dem Zustande, wie es das Schüttelsieb verläßt, direkt zur weiteren Verarbeitung fertig und Handelsware geworden. Es soll

von gleichmäßigem Korn, ähnlich gutem Mauersand, fein und auch eine gleichmäßige Farbe zeigen. Finden sich darunter helle, nicht gefärbte Partikelchen, so rühren dieselben sicher von taubem Gestein her, das nicht gut belesen worden

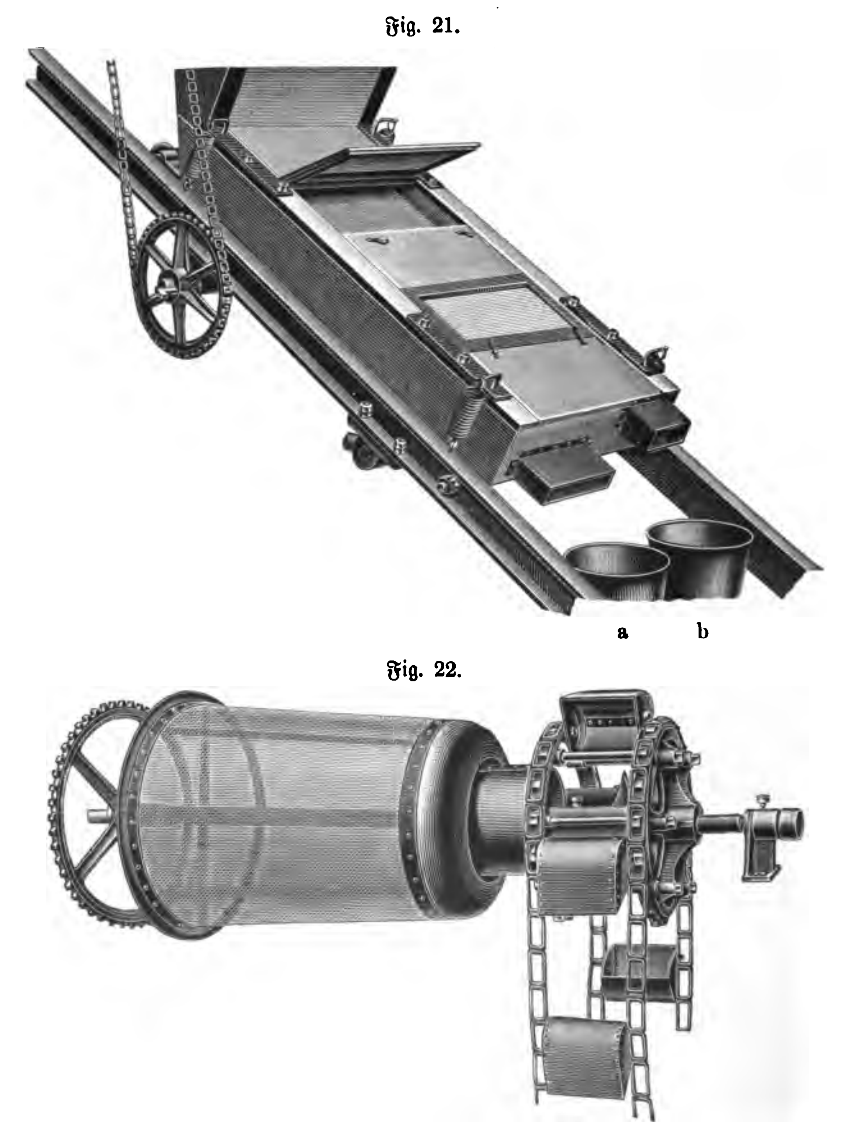


Fig. 21.

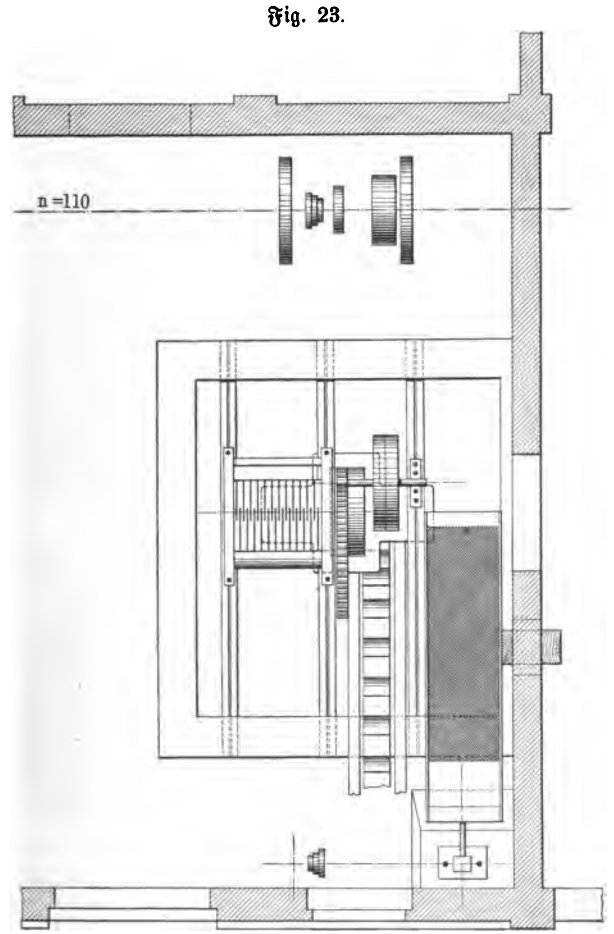
a b

Fig. 22.

ist. Manche Asphaltsteine, besonders die sizilianischen, enthalten indessen zahlreiche Versteinerungen, deren Wohngehäuse usw. in kristallisiertem Kalkspat ausgebildet sind und somit Bitumen nicht enthalten; doch ist die Menge des auf diese Weise in das Pulver gelangenden Kalkspats nur äußerst gering und

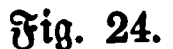
ohne Belang für die Güte der mit solchem Produkt ausgeführten Arbeiten. Der Bitumengehalt des Pulvers soll je nach seiner Bindekraft 8 bis 10, aber nicht über 12 Proz. betragen für den Fall, daß es zu Stampfarbeiten dienen soll. Bei der Verarbeitung auf Asphaltmastix dagegen ist ein höherer Bitumengehalt nur äußerst erwünscht, weil er gleichbedeutend mit Ersparnis an Goudron (s. später) ist. Indessen wird das Gestein dann, namentlich in den

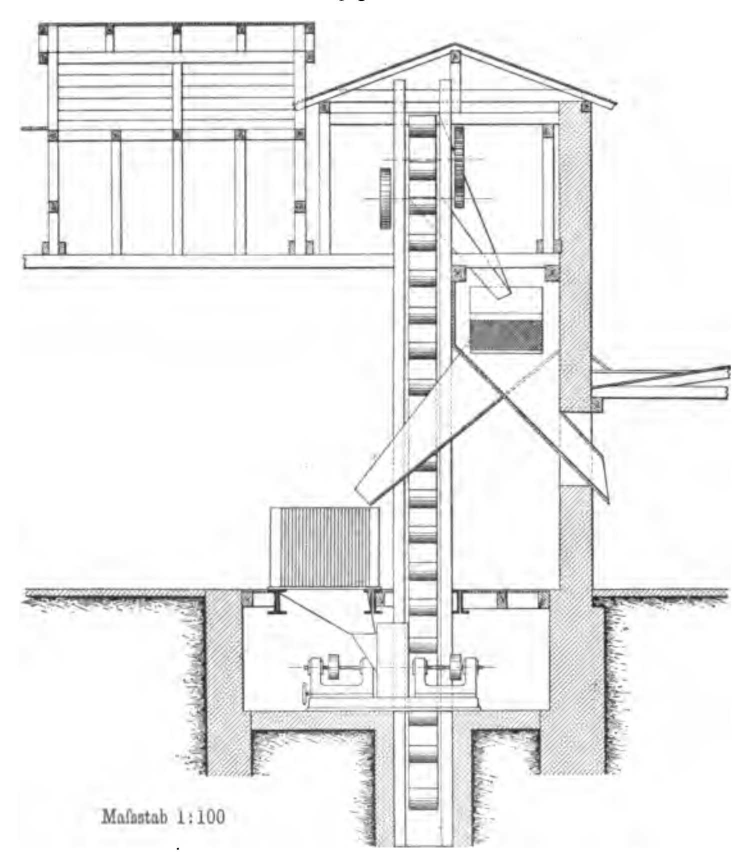
Fig. 23.



heißen Sommermonaten, schon beim Mahlprozeß besondere Schwierigkeiten bieten. Wenn das Asphaltpulver längere Zeit in Schichten aufgestapelt lagert, haften die einzelnen Teilchen desselben wieder so fest aneinander, daß man sich der Spitzhacke beim Aufnehmen desselben bedienen muß. Doch macht diese Erscheinung keineswegs ein nochmaliges Zerkleinern auf dem Desintegrator erforderlich, weil das zusammenbackende Pulver schon bei geringer Wärmezufuhr wieder vollständig zerfällt.

Eine Reihe von Vorschlägen sind gemacht worden, um das auf diese Weise hergestellte Asphaltpulver für die weitere Verarbeitung geeigneter zu machen oder es auf künstlichem Wege, aber unter Verwendung natürlichen Bitumens in absolut gleichmäßiger Beschaffenheit herzustellen. So will E. Dietrich [1]), D. R.-P. Nr. 28620, gewöhnlichem Kalkstein oder bitumenarmem Asphaltstein während der Zerkleinerung, eventuell unter Anwendung künstlicher Kälte, reines Bitumen in Form von Erdpech, sogen. Trinidad epuré, beimischen und


Fig. 24.



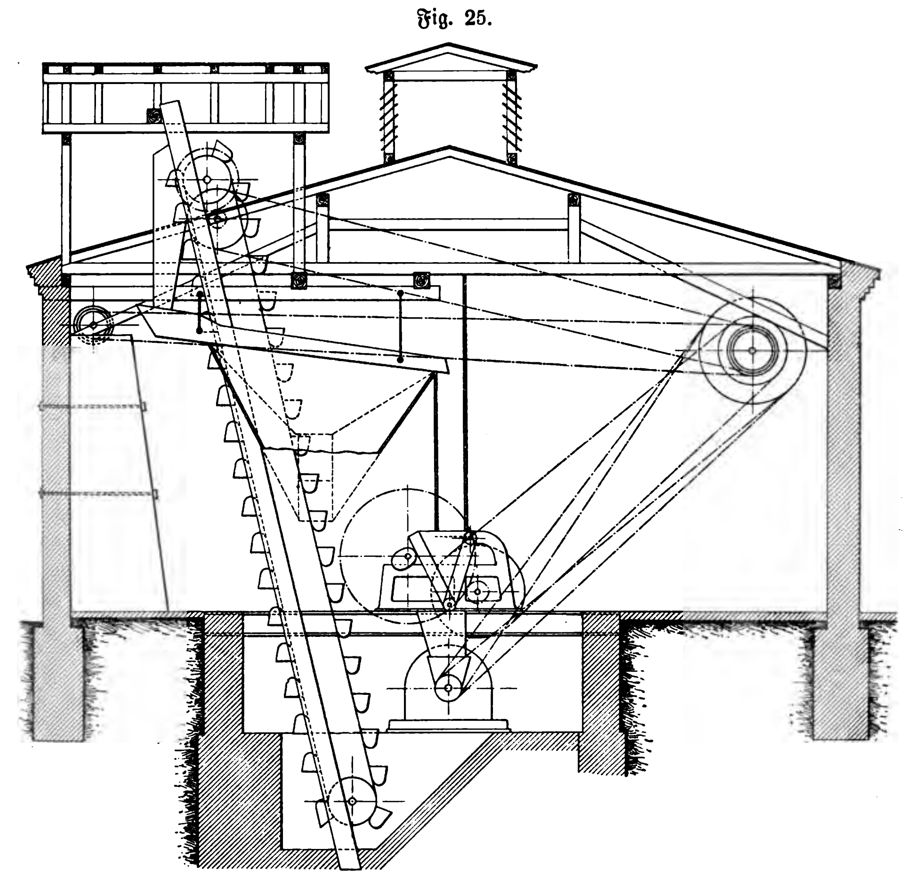
beide Stoffe darauf durch Anwärmen in einer rotierenden Trommel oder dergleichen, wobei zugleich das flüchtige, ein Aufweichen der Straße herbeiführende Bitumen sich verflüchtigt, innig miteinander verbinden. Auf solche Weise soll man ein für Stampfarbeiten vorzügliches Material erhalten.

Nach Angaben der „Deutschen Asphalt-Aktiengesellschaft" [2]) in Hannover erhält man indessen durch bloßes Mischen der Stoffe mit Bitumen

[1]) Dingl. polyt. Journ. **254**, 354. — [2]) Ebend. **261**, 550.

kein so inniges Gemenge, wie es zur Herstellung eines guten und widerstandsfähigen Pflasters erforderlich ist. Dies soll aber nach dem österr.-ung. Pat., Klasse 80, vom 5. Juni 1885, dieser Firma dadurch erreicht werden, daß man die gepulverten Materialien zu einem Brei anrührt, welchem man unter Er-

Fig. 25.



wärmen das Bitumen zusetzt. Der verwendete Rohasphalt soll vorher durch Lösen in Schieferöl, Erdöl usw. raffiniert werden.

Bei der Ausführung wird der Kalkstein oder Asphaltstein von geringem Bitumengehalt vorher fein pulverisiert, dann mit etwa 40 Proz. Wasser zu einem dünnflüssigen Schlamm verarbeitet und dieser in einem mit Rührwerk versehenen Behälter auf etwa 50° erwärmt. Hierauf setzt man das bis auf etwa 70° erwärmte und gereinigte Bitumen dem Gesteinsschlamm unter fortwährendem Umrühren zu, wobei die Umhüllung der Gesteinskörperchen mit Bitumen fast augenblicklich erfolgt. Bei der allmählichen Vermischung der Materialien wird die rührbare Beschaffenheit der Masse durch entsprechend fortschreitende Verdünnung mit Wasser bei einer Temperatur von 60 bis 70°

unterhalten. Die zuzusetzende Bitumenmenge kann bis zu 15 Proz. des trockenen Steinmaterials betragen. Die vom Wasser getrennte Masse wird zunächst an der Luft getrocknet und dann in Retorten längere Zeit auf 110° erhitzt, um die letzten Spuren von Wasser auszutreiben und die möglichste Durchtränkung der Steinkörperchen ohne Zersetzung des Bitumens zu bewirken. Nach dem Erkalten wird die trockene Masse gemahlen, worauf das Material zum Gebrauch fertig ist.

Bresson[1]) löst Erdharz in einem flüchtigen Lösungsmittel, tränkt mit dieser Lösung gemahlenen Kalkstein, dessen Poren sich damit vollsaugen, und verflüchtigt hierauf das Lösungsmittel.

C. Brasche und R. Mitgau[2]), D. R.-P. Nr. 20885, entwässern Rohgips mehr oder weniger durch Brennen und sättigen denselben mit Mineralöl. Nach dem Pulverisieren soll das Material sich wie natürlicher Asphaltstein behandeln lassen und entweder durch Zusatz von Goudron zu Asphaltmastix verarbeitet oder durch Zumischung von Petroleumerde als Asphaltpulver für Stampfarbeiten verwendet werden.

Auf ein Verfahren zur Umwandlung von natürlich vorkommendem bitumenhaltigen Asphaltstein in pulveriges, bitumenhaltiges Straßenmaterial für Stampfarbeit ist E. Heusser ein D. R.-P. Nr. 52704 erteilt worden. Sein Patentanspruch lautet auf die Aufschließung des Asphaltsteins mittels Schwefelsäure, sowie die durch die Reaktionswärme ermöglichte momentane Imprägnierung bei gleichzeitigem Zusatz von Goudron behufs Darstellung eines bituminösen Steinpulvers für Straßenbauten. Zur Ausführung des Verfahrens bringt man das gröbliche Asphaltsteinmehl in einen gußeisernen Rührkessel, setzt gleichzeitig Schwefelsäure von 50° Bé und 20 Proz. bitumenhaltigen und erwärmten Goudron unter lebhaftem Umrühren zu, wobei es nicht einmal nötig ist, die theoretische Menge der für die Zerlegung des kohlensauren Kalks erforderlichen Schwefelsäure anzuwenden, da eine vollständige Imprägnierung ohnedies erfolgt. In dem vorliegenden Verfahren übernimmt also die Schwefelsäure nicht bloß die weitere Zerkleinerung des nur gröblich gepulverten Materials durch Aufschließung des kohlensauren Kalks, sondern sie soll durch die dabei auftretende Reaktionswärme gleichzeitig die Imprägnierung des zerkleinerten Materials besorgen, welches durch die Eigenschaft des entstandenen Gipses, Wasser zu binden, sofort trocken und in einem solchen Zustande ist, daß es ohne weiteres zu Stampfarbeiten verwendet werden kann.

Nach K. Trobach und R. Huppertsberg[3]) wird fein zerkleinerter Asphalt in kaltem Zustande mit einem mineralischen Bindemittel, wie Zement, gebrannter Gips, Dolomit oder Magnesit, Magnesiumoxychlorid oder dergleichen und Wasser, eventuell unter Zusatz von Sand oder Quarzpulver, vermischt. Die durch Abbinden des Mörtels erzeugte Wärme soll das Bitumen zum Schmelzen bringen (?) und somit die seitherige durch Heizung hervorgebrachte

---

[1]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1872, S. 442. — [2]) Chem.-Ztg. 1883, S. 248. — [3]) D. R.-P. Nr. 65847.

Verschmelzung von steinigen Asphaltmassen, wie sie z. B. bei der Legung des geräuschlosen Asphaltpflasters in Anwendung gebracht wird, ersetzen. In manchen Fällen soll es sich aber doch empfehlen, die feste Steinmasse noch nachträglich durch geheizte Walzen oder Stempel zu erhitzen.

Die Versuche, pulverisierten Kalkstein oder auch Kreide usw. mit Bitumen und sonstigen Zusätzen zu mischen, haben kein befriedigendes Resultat gehabt, da auch durch die weitgehendste mechanische Zertrümmerung des Kalksteins dieser nie zu der erforderlichen Feinheit gebracht werden kann.

Um ein dem natürlichen Asphaltstein ebenbürtiges Kunsterzeugnis herzustellen, ist es in erster Linie erforderlich, feinere Kalkteilchen herzustellen; Spatz und Quistorp [1]) wollen dies mit Erfolg auf chemischem Wege erreichen.

Kalksteine oder Dolomite werden gebrannt, wodurch sie sich in Kalziumoxyd umwandeln, welches durch Löschen mit Wasser in Kalziumoxydhydrat übergeführt wird. In großen Behältern wird dieses dann mit der erforderlichen Menge Wasser versetzt und durch diese Mischung Kohlensäure oder kohlensäurehaltige Luft so lange mittels Saug- und Druckpumpen getrieben, bis sich das Kalziumoxydhydrat in kohlensauren Kalk umgewandelt hat, was durch ein geeignetes Reagens festzustellen ist.

Durch Absetzenlassen, Dekantieren und Trocknen erhält man dann einen so fein zerteilten kohlensauren Kalk, wie er durch mechanische Zertrümmerung nicht erhältlich ist. Dieser so gebildete molekulare kohlensaure Kalk ist allein geeignet, von dem zugesetzten Bitumen beim Erwärmen gleichmäßig umhüllt zu werden, wie es beim natürlichen Asphalt der Fall ist.

Die Herstellung des dem natürlichen Asphaltstein auch in seinem äußeren Ansehen ähnlichen Asphaltpulvers ist Spatz und Quistorp unter D. R.-P. Nr. 104194 durch folgenden Anspruch geschützt:

Verfahren zur Herstellung von Asphaltpulver aus Bitumen und kohlensaurem Kalk, dadurch gekennzeichnet, daß letzterer nicht in natürlichem Zustande als Kalksteinpulver oder Kreide verwandt, sondern in bekannter Weise auf chemischem Wege erzeugt wird, zu dem Zweck, eine innige Vereinigung der Bestandteile zu erzielen.

Wenn es übrigens auch gelingen mag, auf die eine oder andere Weise ein brauchbares bituminöses Kalksteinpulver herzustellen, so wird man sich doch der Ansicht Dietrichs [2]) anschließen dürfen, wonach die Frage offen bleiben muß, „ob dieses Verfahren finanziell mit der Gewinnung des von der Natur gebildeten Asphaltsteins zu konkurrieren vermag; eine Aussicht hierauf dürfte sich nur für solche Orte oder Länder eröffnen, welche bei Beschaffung des natürlichen Materials einen sehr bedeutenden Frachtaufschlag zu tragen haben und demgegenüber einen geeigneten, nicht imprägnierten Kalkstein in nächster Nähe besitzen".

Auf eine Verbesserung des natürlichen Asphaltpulvers läuft ein Patent

[1]) Tonindustrie-Ztg. 1899, S. 1030; Zeitschr. f. Transp.- u. Straßenbauwesen 1899, S. 386. — [2]) loc. cit. I, S. 49.

hinaus, welches de Coudemberg [1]) entnommen hat zur Herstellung eines als „Kautschukasphalt" benannten Produkts, welches für öffentliche Arbeiten, wie Pflasterung von Fahrdämmen, Bürgersteigen, Kellern, Ställen, Lawn-tennisplätzen, Terrassen usw. benutzt werden soll. Das Verfahren beruht auf der Beobachtung, daß das einen Bestandteil des Asphalts bildende Bitumen sich unter gewissen Bedingungen mit dem Kautschuk zu einem schwarzen, homogenen und elastischen Körper innig verbindet, welcher zu den erwähnten Gebrauchszwecken außerordentlich geeignet ist. Der Kautschuk wird in einem passenden Lösungsmittel, wie Terpentinöl, Petroleum, Benzin usw., gelöst, was je nach der Temperatur 12 bis 48 Stunden erfordert. Mit dieser Lösung wird dann das zu Pulver gemahlene Asphaltgestein imprägniert. Die Menge des Kautschuks beträgt für 1 Liter Lösungsmittel 10 bis 20 g, und von dieser Lösung genügt ein Zusatz von 8 Liter auf 100 kg Asphaltpulver. Die Mischung muß eine sehr innige sein, damit die Kautschuklösung auch den Asphalt erweicht; man läßt sie daher nach der Fertigstellung vor dem Gebrauch noch eine halbe Stunde ruhen. Die Verarbeitung des Pulvers ist die gleiche wie sonst. Ein Erwärmen des Pulvers ist dabei nicht nötig; für das Komprimieren genügt es, die Pulverschicht durch eine Walze von 300 bis 400 kg vorzuwalzen und vor der Übergabe der Fahrbahn usw. an den Verkehr noch eine schwere Walze von 2000 bis 3000 kg Gewicht passieren zu lassen.

Die Anwendung des Asphaltpulvers zu Stampfasphaltarbeiten [2]).

Für die Herstellung einer guten und haltbaren Fahrbahn in Stampfasphalt ist das Vorhandensein einer tadellosen Unterbettung eine ebenso unerläßliche Bedingung wie die Verwendung eines guten Asphaltpulvers; erstere ist es, welche den Widerstand gegen die Last der Fuhrwerke zu leisten hat, während der Asphaltdecke die Aufgabe zufällt, eine unveränderliche, elastische Schutzdecke zu bilden, welche die Unterlage vor der Abnutzung durch den Verkehr schützt. Nicht mit Unrecht vergleicht Léon Malo die letztere mit einem Überzug aus gehärtetem Kautschuk.

Die erste Arbeit, die bei der Herstellung von Asphaltstraßen zu leisten ist, ist die Regulierung des Planums, damit die Straße eine möglichst horizontale Lage bei Vermeidung von Steigungen und Senkungen erhält. Mit

---

[1]) D. R.-P. Nr. 116126 vom 10. Dezbr. 1899; Zeitschr. f. angew. Chemie 1900, S. 1313. — [2]) E. Dietrich, Die Asphaltstraßen, Berlin 1882, Jul. Bohne. Léon Malo, L'Asphalte, Paris 1888. Meyn, Der Asphalt und seine Bedeutung für den Straßenbau, Halle 1872. Malo, Guide pratique pour la fabrication et l'application de l'asphalte, Paris 1866. Chabrier, The Applications of Asphalte, London 1878. Ellice Clark, Asphalt and its Application to Street-paving, London 1879. E. O. Schubarth, Über Asphaltstraßen, Berlin 1881. Derselbe, Asphalt und Asphaltstraßen, München 1888. Gillmore, A Practical Treatise on Roads, Streets and Pavements, New York 1876. W. H. Delano, Twenty Years Practical Experience of Natural Asphalt and Mineral Bitumen. London u. New York 1893.

Rücksicht auf die Haltbarkeit der Asphaltlage ist dies von der größten Wichtigkeit. Dabei hat man die Straße entsprechend der Dicke der vorgesehenen Unterbettung und Asphaltlage auszuschachten und die Randsteine auf beiden Seiten der Fahrbahn gehörig zu fundamentieren. Unerläßliche Bedingung für die Asphaltierung einer Straße ist es auch, daß der Untergrund sich vollkommen gesetzt hat und alle unterirdischen Leitungen für Wasser, Gas, Elektrizität usw. in endgültiger Lage und bestem Zustand verlegt sind, damit nicht später noch Senkungen eintreten können, welche die Lage der Fahrbahn beeinträchtigen, oder Reparaturen eintreten, welche ein teilweises Aufnehmen derselben nötig machen. In modernen Straßen befinden sich derartige Leitungen zumeist in gemauerten Kanälen, welche leicht zugänglich sind.

Sind diese Bedingungen erfüllt, so beginnt man mit der Ausführung der Unterbettung, welche meist in einer Schicht aus Zementbeton von 15 bis 20 cm Stärke besteht. Eine Kalkbetonschicht ist hier wegen der geringeren Festigkeit und der Wasserdurchlässigkeit nicht gut zu verwenden. Natürlich ist die Ausführung der Unterbettung in erster Linie abhängig von der Art des Untergrunds und der Art und dem Umfang des Lastverkehrs.

Für die Herstellung des Zementbetons empfiehlt Léon Malo folgendes Mischungsverhältnis:

Zement: 1 Raumteil,
Gewaschener Kies: 2 Raumteile,
Flußsand: 5 Raumteile;

Delano schreibt vor:

Zement: 1 Raumteil,
Flußsand: 3 Raumteile,
Kies: 4 Raumteile.

Bei Asphaltierungen in Berlin wird auf 1 cbm groben, möglichst lehmfreien Kieses der Zusatz von 1 Tonne Zement verlangt. An anderen Plätzen wird auch der teilweise Ersatz des Kieses durch Steinsplitt zugelassen, und es soll dann das Mischungsverhältnis sein:

Zement: 1 Raumteil,
Gebaggerter Pflasterkies: 3 Raumteile,
Steinsplitt: 5 Raumteile.

Bezüglich der Beschaffenheit der Betonmaterialien gilt es als Regel, daß Kiesstücke von über 4 cm Durchmesser nicht zulässig sind; bei Verwendung von Splitt dürfen Steine, welche nicht durch einen Ring von 3 cm Durchmesser gehen, nicht verwendet werden. Kies und Sand sollen möglichst aus Flußbetten gebaggert und lehmfrei sein. Der zur Verwendung gelangende Zement soll langsam bindend und so fein gemahlen sein, daß er auf einem Sieb von 900 Maschen per Quadratzentimeter höchstens 25 Proz. Rückstand hinterläßt, und muß im übrigen den Normen entsprechen.

Die Mischung der Materialien erfolgt auf Mischbühnen von mindestens 3 m Länge und 2 m Breite, deren Längsseiten mit Randleisten ver-

sehen sind. Auf der einen Seite dieser Mischbühnen wird der Kies in Kasten von 0,5 oder 1 cbm Inhalt gemessen und oben darauf das vorgeschriebene Quantum des Zements geschüttet. Nachdem der Meßkasten abgehoben ist, wird die ganze Masse durch Umschaufeln auf die andere Seite der Mischbühne gebracht und durch Zurückschaufeln auf die vorige Seite nochmals innig gemischt. Hiernach wird in die obere Seite der Masse eine Aushöhlung gemacht, welche mit Wasser angefüllt wird. Es erfolgt nun ein abermaliges Durchschaufeln der Masse so, daß kein Wasser abfließt; auch wird während des Umschaufelns nach Bedarf mittels einer Gießkanne Wasser hinzugefügt, so daß das gesamte Wasserquantum pro Kubikmeter Beton etwa $^1/_7$ cbm beträgt. Wird neben Kies auch noch Splitt (Grauwacke, Granit, Porphyr, Melaphyr usw.) verwendet, so ist erst der Kies mit Zement in der vorbeschriebenen Weise zu mischen und dann der Splitt der angefeuchteten Masse zuzumengen.

Die Betonunterlage muß genau demjenigen Profil entsprechend hergestellt werden, welches die Straße in ihrer Oberfläche erhalten soll, wobei darauf zu achten ist, daß letztere von Erhöhungen und Vertiefungen frei bleibt. Sollen in die Fahrbahn Schienengleise für Pferdebahnen u. dgl. aufgenommen

Fig. 26.

0,05 0,20 0,10 0,15 0,30 Beton 1:8 0,35 0,12
0,20 0,33 1,435
6,00

werden, so ist auf die Breite des Schienenstrangs die Unterbettung auf etwa 15 cm zu vertiefen, ähnlich wie dies Fig. 26 zeigt. Die Schienen selbst sind nach gehöriger Lage in der Breite ihres Fußes und in etwa 2 cm Höhe mit gutem Zementmörtel (1 Tl. Portlandzement und 2 Tle. Flußsand) zu untergießen.

Vor der Einbringung des Betons sind zum Zwecke der genauen Herstellung der Betonbettung zunächst auf dem fertigen Planum parallel der Straßenrichtung etwa 20 cm breite Lehrstreifen in der genauen Höhe, welche der Beton erhalten soll, an den durch den Querschnitt des Profils gekennzeichneten Brechpunkten herzustellen. Dann wird der Beton in die Zwischenräume eingebracht und durch kräftiges Schlagen und Streichen sachgemäß und, dem zukünftigen Straßenprofil entsprechend, nach der Schablone abgeglichen.

Beim Erhärten ist der Beton ständig durch Begießen feucht zu halten und durch völlige Absperrung der Straße dafür zu sorgen, daß er während der Erhärtung nicht begangen oder befahren wird. Je nach der Witterung muß die Betonlage dann sieben bis zehn Tage liegen bleiben, bevor mit der Asphaltierung begonnen werden kann.

Durchaus nicht zu empfehlen, aber doch hin und wieder, besonders bei Straßen mit schwachem Verkehr vorkommend, ist die Benutzung der alten Straßendecke als Unterbettung für den Asphaltbelag. Es versteht sich von

selbst, daß ein derartiges Verfahren nur da angängig ist, wo man es mit einer festen Oberfläche von Steinpflaster oder Makadam zu tun hat, bei der nachträgliche Senkungen ausgeschlossen sind. In diesem Falle hat natürlich der Asphaltierung eine gründliche Reinigung der Straßenoberfläche und das Aufbringen einer Ausgleichsschicht für alle Unebenheiten vorherzugehen. Geschieht dies mit der nötigen Sorgfalt, so gelingt es, auf einer derartigen Unterbettung eine recht gute Arbeit auszuführen, für die aber natürlich seitens des Unternehmers eine Garantie nicht zu übernehmen ist.

Die Asphaltdecke selbst wird in der Regel in einer Stärke von etwa 5 cm hergestellt durch Komprimieren des erwärmten Asphaltpulvers durch Hand- oder Maschinenarbeit entweder an Ort und Stelle selbst, oder in speziellen Fabriken; in letzterem Falle erfolgt die Verlegung natürlich in Form von Platten, die nebeneinander gelegt, mit einer dünnen Lage Asphaltpulver unterbettet und deren Fugen mit Asphaltpulver ausgefüllt werden. Wir werden uns zunächst mit der Herstellung der Asphaltdecke an Ort und Stelle zu beschäftigen haben.

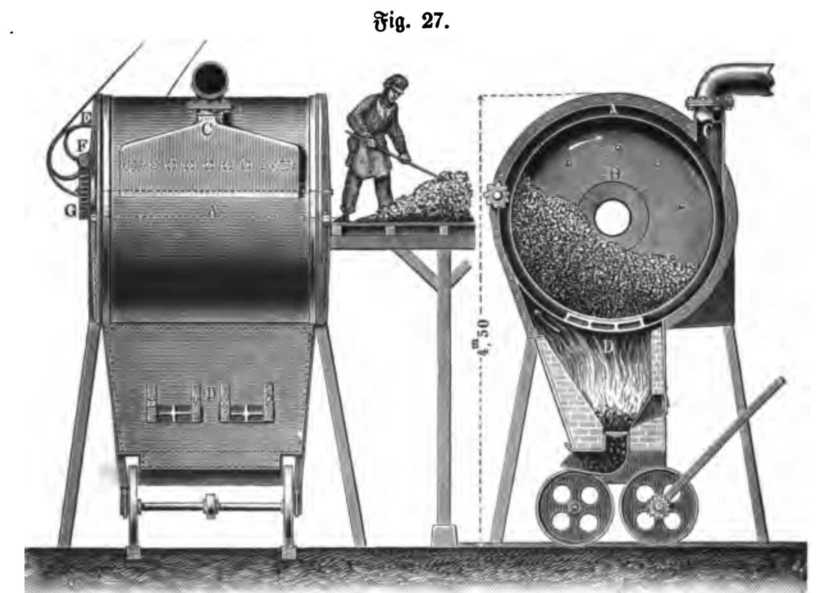
Nach dem Gesagten versteht es sich von selbst, daß diese Arbeit nur auf trockenem Untergrund und bei möglichst trockener Witterung ausgeführt werden kann, und daß auch das zur Verwendung gelangende Asphaltsteinpulver möglichst frei von jeglicher Feuchtigkeit sein muß. Denn diese ist der größte Feind für die Erhaltung der Asphaltlage, insofern sie einmal durch Verdampfung in der Wärme Hohlräume unter der Decke entstehen läßt und anderseits eine innige Verbindung der bituminösen Gesteinsteilchen beim Komprimieren verhindert, wodurch im Laufe der Zeit mosaikartige Risse entstehen, welche den Zusammenhang der Asphaltdecke lockern und zu deren baldiger Zerstörung unter der Wirkung des Verkehrs Veranlassung geben. Alle diese Bedingungen lassen sich mit Leichtigkeit bei vorsichtiger Arbeit erfüllen.

Bevor das Asphaltpulver auf die Betonschicht aufgetragen wird, ist es nötig, dasselbe auf eine so hohe Temperatur zu bringen, daß einesteils daraus alle Feuchtigkeit entweicht und andernteils noch keine nennenswerten Mengen von wertvollem Bitumen verflüchtigt werden. Diese Temperatur ist je nach der Art des Bitumens eine verschiedene und schwankt zwischen 90 bis 150° C. So z. B. pflegt man das Pulver von Val de Travers-Asphalt auf 130 bis höchstens 150°, das von Seyssel auf 110 bis 120° und das von Sizilien auf nur 90° C zu erwärmen. Außer der Verflüchtigung der Feuchtigkeit erzielt man damit eine größere Backfähigkeit des Pulvers bei der nachfolgenden Stampfarbeit.

Die Einrichtungen, deren man sich zum Erwärmen des Asphaltpulvers am Ort der Verlegung selbst bedient, sind verschiedener Art. Für ganz große Arbeiten benutzt die Compagnie Générale des Asphaltes de France rotierende Trommeln von etwa 1500 kg Fassungsvermögen mit seitlicher Beschickungsöffnung, welche in einem feststehenden eisernen Gestell gelagert sind und durch einen besonderen Ofen geheizt werden, welcher, auf Rädern laufend, unter die Trommeln geschoben werden kann. Hat das Pulver die erforderliche Temperatur erreicht, so wird der Ofen unter der Trommel hinweggerollt und

an seine Stelle ein Kastenwagen geschoben, in welchen das heiße Pulver aus der rotierenden Trommel nach Öffnung der von außen zugänglichen Entleerungsklappen hineinfällt. Fig. 27 zeigt einen derartigen Apparat mit untergeschobenem Transportwagen, sowie im Durchschnitt mit der Heizvorrichtung. Der Antrieb erfolgt mit Hilfe einer Lokomobile, und der entwickelte Wasserdampf hat freien Abzug an den seitlichen Eintragöffnungen von etwa 0,5 m Durchmesser. Derartige Trommelapparate werden vielfach auch stationär in der Fabrik selbst errichtet und das erwärmte Asphaltpulver in Kastenwagen und mit Säcken oder Decken abgedeckt an Ort und Stelle geschafft, weil die Erfahrung gezeigt hat, daß es auch bei längerem Transport (natürlich nur innerhalb der betreffenden Stadt) nur um 1 bis 2° an seiner Temperatur einbüßt.

Fig. 27.



Eine ähnliche Einrichtung benutzt auch die **Val de Travers Paving Company** in London. Die Heiztrommeln werden hier vermittelst eines Trichters von der oberen Mantelseite durch an den Trommeln angebrachte Klappen beschickt, und die Entleerung erfolgt unten an der einen Stirnseite durch eine zweite Klappe. Der Wasserdampf entweicht, da die Trommeln sonst ganz geschlossen sind, durch mit den feststehenden Achslagern kombinierte, nach außen führende ziemlich enge Röhren, zeitweise mit heftigem Geräusch wie beim Abblasen eines kleinen Dampfkessels. Fig 28 zeigt diese Apparate, deren größte ein Fassungsvermögen für etwa 2000 kg Asphaltpulver besitzen, im Längs- und Querschnitt.

An anderen Orten bedient man sich für den gleichen Zweck der sogen. Asphaltdarren, welche sowohl auf feststehendem Gestell, als auch auf Rädern laufend konstruiert werden und auch wohl sonst durchweg für kleinere Arbeiten,

Reparaturen usw. zur Verwendung kommen. Fig. 29 (a. f. S.) stellt eine derartige transportable Darre dar, wie sie von der Bleckendorfer Maschinenfabrik und Kesselschmiede in Bleckendorf bei Magdeburg in einer Größe von 3 × 2 m Darrfläche gebaut werden. Die Konstruktion ist derartig, daß

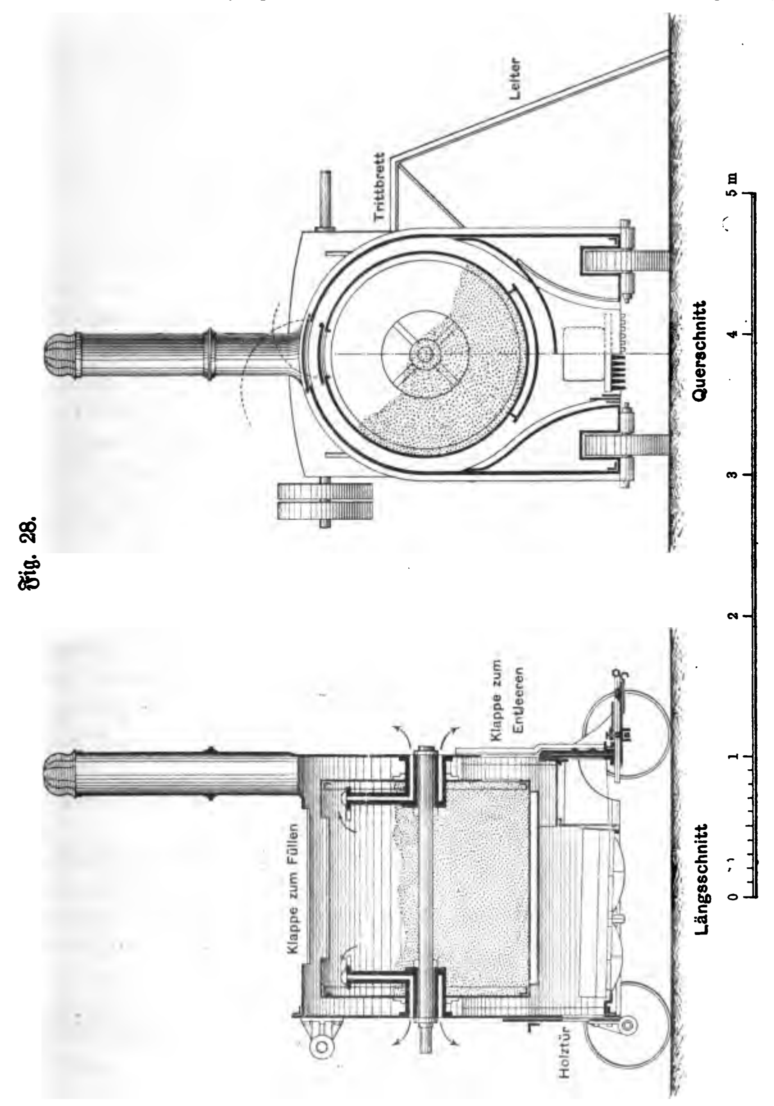
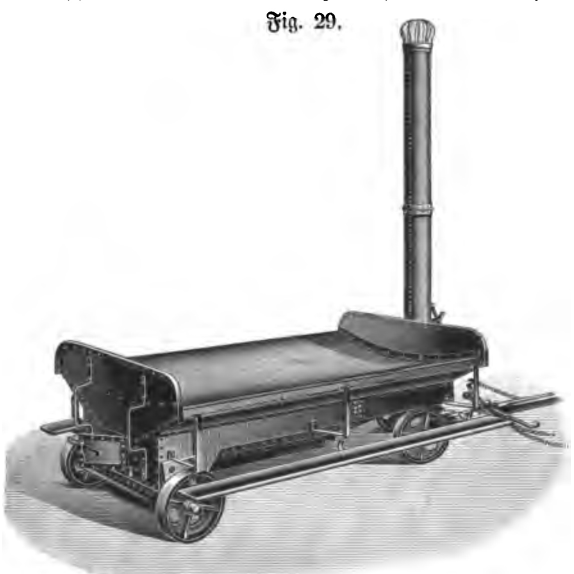


Fig. 28.

die Hitze gleichmäßig verteilt wird und ein Anbrennen des Mehles bei nicht gröblicher Nachlässigkeit des bedienenden Arbeiters ausgeschlossen ist. Die Darren sind mit Isolierraum und doppeltem Boden versehen. Das Wenden des Asphaltpulvers erfolgt natürlich durch Umschaufeln mit der Hand.

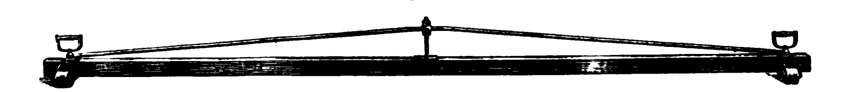
Hat das Asphaltpulver bei vorsichtig eingehaltener Minimal- und Maximaltemperatur während des Darrens die richtige Beschaffenheit erlangt, so erfolgt die Beschüttung der Straßenfläche auf folgende Weise: Zunächst hat man zu beachten, daß das lose aufgeschüttete Asphaltpulver sich bei der nachfolgenden Stampfarbeit um etwa 40 Proz. komprimiert, und hat danach die Schütthöhe einzurichten. Eine normale, 5 cm starke Decke beansprucht demnach eine Beschüttung in der Höhe von 7 cm, welche so gleichmäßig ausgeführt sein sollte, daß auf jede Quadrateinheit der Bodenfläche möglichst die gleiche Menge an Asphaltpulver zu liegen kommt, was natürlich nicht ganz leicht ist und einige Übung erfordert, da das heiße Asphaltpulver noch in weit höherem Grade die Neigung besitzt sich zu verdichten als das kalte. Da das heiße Pulver vermittelst Karren von der Darre in Haufen auf der Betonfläche verteilt wird, so würde natürlich überall da, wo ein solcher Haufe lag, selbst bei gleicher Höhe der Schicht eine dem Gewicht nach größere Menge Asphaltpulver liegen, als auf der benachbarten, wo dasselbe bloß ausgebreitet worden ist, was beim Komprimieren Veranlassung zur Bildung von Erhöhungen und Vertiefungen geben würde.

Fig. 29.



Deshalb muß das auf die Unterbettung aufgebrachte heiße Asphaltpulver beim Ausbreiten über dieselbe mit eisernen Harken gut durchgearbeitet und zu möglichst gleich hoher Schicht eingeebnet werden. Das genaue Egalisieren und Profilieren der Oberfläche geschieht dann hinterher mit Hilfe des von Louth konstruierten Rollrichtscheits, welches Richtscheit und Abziehplatte in sich vereint und durch Fig. 30 dargestellt wird. Dies Instrument besitzt in der Regel eine Länge von 4 bis 6 m, welche zugleich der Breite der einzelnen Streifen entspricht, in welchen die Betonunterlage vom einen Randstein der

Fig. 30.

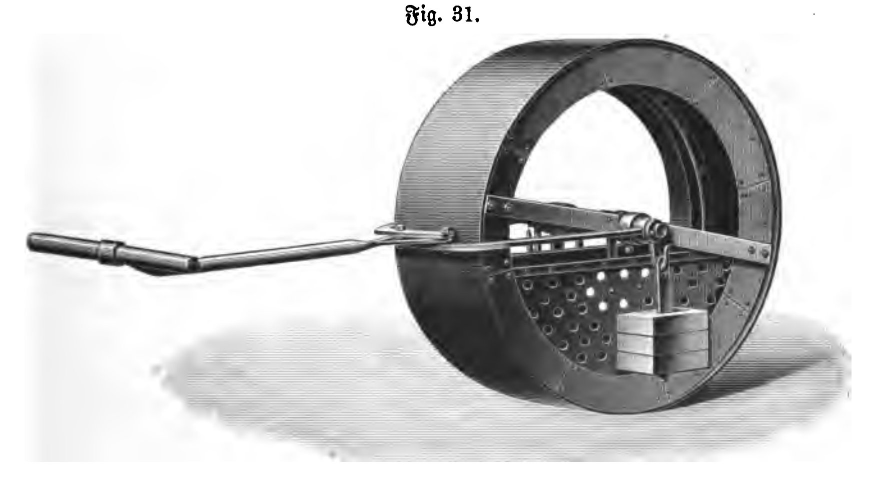


Straße zum gegenüberliegenden beschüttet und eingestampft wird. Diese Streifen laufen also quer zur Richtung der Straße. Das verstellbare Instrument läuft auf kleinen, seitlich angebrachten Rollen einerseits auf dem schon fertigen Asphaltstreifen und anderseits auf profilierten Holzleisten von der Stärke des Asphaltbelags, welche auf der Betondecke befestigt sind und zugleich die Stoßfläche für einen weiteren Streifen bilden.

Die Beschüttung sollte schon vor dem Gebrauch des Richtscheits so regelmäßig ausgeführt sein, daß dies nur den Überschuß an Asphaltpulver abstreift, und sich keine Stellen zeigen, welche zu wenig Material erhalten haben und durch Auftragen von Asphaltpulver erhöht werden müssen. Léon Malo hat zur gleichzeitigen Erzielung einer Auflockerung der etwa verdichteten Stellen vorgeschlagen, das Instrument an der Unterseite mit Zähnen zu versehen, welche in die Beschüttung hineingreifen, so daß seine Wirkung ähnlich der einer Harke wäre.

Nachdem die Beschüttung eines Streifens in dieser Weise vollendet ist, erfolgt das Einwalzen des Asphaltpulvers vermittelst schwerer, gußeiserner Walzen,

Fig. 31.

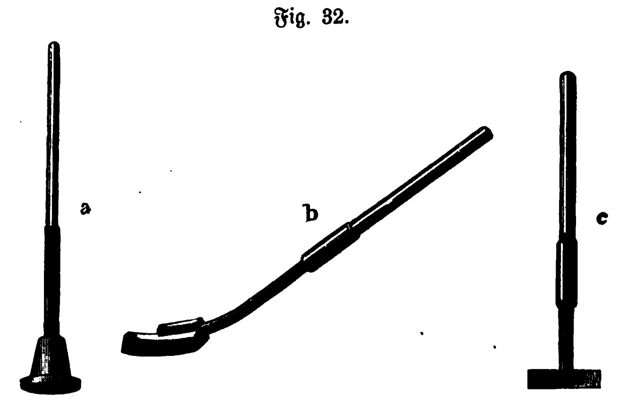


welche, um das Ankleben des Pulvers zu verhindern, von innen geheizt sein müssen. Fig. 31 stellt die heute wohl allgemein übliche heizbare Walze von 0,75 bis 1,25 m Durchmesser dar, welche so eingerichtet ist, daß keine Asche vom Brennmaterial herausfallen und die zu komprimierende Fläche verunreinigen kann. Die Heizung der Walze erfolgt durch einen an ihrer Achse im Innern aufgehängten Kokskorb; etwa durch die Öffnungen desselben fallende Asche sammelt sich im Walzenzylinder und kann von Zeit zu Zeit entfernt werden. Durch Auflegen von Gewichten zu beiden Seiten der Achse läßt sich die Last derselben bis zu einem gewissen Grad vermehren; an der Fläche der Walze anhaftende Teilchen werden durch eine an der Gabel der Deichsel angebrachte Kratze oder Stahlbürste fortwährend abgestrichen, so daß also stets nur die glatte Walzenfläche auf die Asphaltschicht gelangt. Einschließlich des Heizmaterials beträgt das Gewicht der Walze ungefähr 300 kg.

Das Einwalzen des Asphaltpulvers geschieht in der Längsrichtung der Straße, indem man die geheizte Walze auf der bereits fertiggestellten Strecke oder beim Anschluß an eine andere Straße aufsetzt und nach der Seite schiebt, an welche sich der nächste Streifen anschließt; die mit dieser Arbeit betrauten Leute haben die Walze vor sich her zu schieben, nicht zu ziehen, und um die noch heiße und noch nicht genügend komprimierte Schicht mit den Stiefeln nicht zu beschädigen, müssen sie große, weiche Filzschuhe tragen. Man beginnt mit dem Walzen an der einen Trottoirkante, schiebt die Walze einmal vor bis ans Ende der beschütteten Fläche und zieht sie wieder bis zum Anfang derselben zurück; bei der nächsten Bewegung schiebt man sie um wenige Zentimeter seitwärts, so daß sie nur einen schmalen Streifen losen Pulvers mitnimmt, und so fort, bis man an der anderen Trottoirkante angelangt ist. Man erzielt auf diese Weise eine viel gleichmäßigere Oberfläche und eine bessere vorläufige Komprimierung, als wenn man die Walze mit ihrer ganzen Breite auf das lose Pulver wirken läßt. Ein Verschieben oder gar Wenden der Walze auf dem noch weichen Belag ist natürlich gänzlich ausgeschlossen, weil diese unter der schweren Last sich sicher verschieben würde.

Zur Erzielung eines innigen Verbandes zwischen den einzelnen Streifen unter sich oder beim Anschluß an eine bestehende ältere Asphaltfläche ist es von großer Wichtigkeit, daß die ältere und kalte Fläche an der Anschlußstelle (Naht)

Fig. 32.



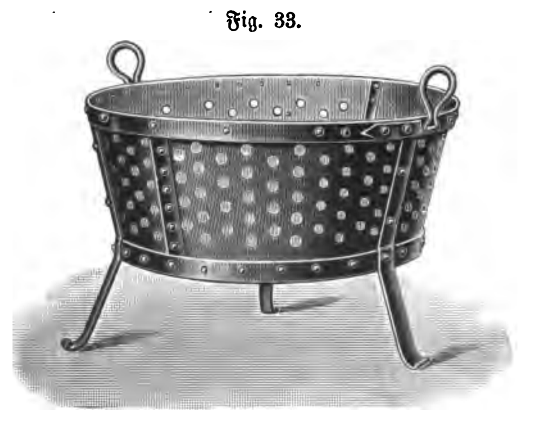
mit einer Stahlbürste gut gereinigt und vor dem Auftragen der Beschüttung des Anschlußstreifens gut angewärmt wird. Das letztere erreicht man dadurch, daß man die Verbandstelle der bereits liegenden Schicht mit einer dickeren Lage heißen Asphaltpulvers überlagert, die man erst unmittelbar vor dem Aufgeben der neuen Beschüttung wieder entfernt. Bei etwaigen kurzen Pausen während der Arbeit deckt man aus dem gleichen Grunde die Endstelle der Asphaltlage bisweilen mit wollenen Decken ab, um sie vor Abkühlung zu schützen.

Auf das Einwalzen des Asphaltpulvers folgt erst die eigentliche Stampfarbeit, welche in der Regel durch Handarbeit ausgeführt wird. Hierzu dienen gußeiserne Stampfer von ungefähr 20 kg Gewicht mit schmiedeeisernem Stiel, der in einen gedrehten Griff aus Holz mündet (s. *a* Fig. 32). Das Stampfen

geschieht kolonnenweise durch fünf bis zehn Arbeiter nebeneinander und erfordert insofern größere Übung, als es unerläßlich ist, daß die Stampfer absolut lotrecht fallen, damit die Fläche von denselben nicht unregelmäßig getroffen wird. Um diese Arbeit zu erleichtern, macht man die Basis der Stampfer nicht eckig, sondern rund und schrägt auch noch die Kanten derselben leise ab, so daß die glatte Oberfläche der Asphaltlage weder durch Ecken, noch scharfe Kanten bei unvorsichtiger Handhabung der Stampfer wesentlich beeinflußt werden kann. Zum Feststampfen des Asphaltpulvers an gerade Linien, z. B. beim Anschluß an die Randsteine des Trottoirs oder dgl. sind Stampfer mit runder Oberfläche nicht geeignet, und man bedient sich zu diesem Zweck der sogen. Fugeisen (s. *c* Fig. 32) mit rechteckiger Fußplatte, 22 × 5 cm, im Gewicht von 10 bis 12 kg, welche gleichzeitig auch zur Ausführung der Fugenverbindung zwischen den einzelnen verlegten Streifen benutzt werden. Natürlich wird die anfänglich noch weiche Lage nicht sofort durch kräftiges Stampfen bearbeitet, sondern dies hat erst vorsichtig und mit allmählicher Verstärkung des Stoßes zu geschehen, so daß die ganze Schicht mehrmals hintereinander bearbeitet wird, bis sie zuletzt die gewünschte Stärke angenommen hat. Von Zeit zu Zeit ist die Oberfläche der Asphaltlage mit dem Richtscheit auf Unebenheiten zu prüfen und sind diese eventuell durch Aufstreuen und Feststampfen von heißem Asphaltpulver auszugleichen.

Ebenso wie die Walzen sind natürlich auch die Stampfer in angeheiztem Zustande zu handhaben, damit ein Festkleben von Asphaltteilen an denselben vermieden wird. Das Anheizen derselben geschieht in einem sogen. Kokskorb (Fig. 33) und darf natürlich nicht so weit getrieben werden, daß die Werkzeuge glühend werden und beim Zusammentreffen mit der Asphaltlage das Bitumen derselben unter Entwickelung eines weißen Rauchs verflüchtigen oder gar unter Entzündung verbrennen. Zur raschen Förderung der Arbeit, welche für das Gelingen eins der Haupterfordernisse ist, müssen eine ganze Anzahl Stampfer vorhanden sein, damit dieselben beim Erkalten ausgewechselt werden können.

Fig. 33.



Hiermit ist die Kompression des Asphaltpulvers beendet, soweit sie eben durch den Gebrauch der etwa 20 kg schweren Stampfer zu erreichen ist; die Vollendung derselben erfolgt erst mit der Zeit durch die Last der Fuhrwerke, welche die Straße passieren. Es erübrigt nur noch, vor der Übergabe derselben an den Verkehr zahlreiche kleine Unebenheiten auf der Oberfläche auszugleichen oder kaum erkennbare Undichtigkeiten im Gefüge zu entfernen. Dies geschieht

mit Hilfe sogen. Bügeleisen (s. *b* Fig. 32) von etwa 25 bis 30 kg Gewicht, mit ansteigendem Stiel und abgerundeter gußeiserner Platte von etwa 30 × 15 cm und 6 cm Stärke, welche, in nahezu glühendem Zustande über die Fläche hin und her bewegt, den Asphalt oberflächlich zum Schmelzen bringen, wodurch alle Unebenheiten entfernt und etwaige kleine Löcher und Risse zugestrichen werden. Dabei färbt sich die anfänglich schokoladebraune Oberfläche der Asphaltbahn merklich dunkler und nimmt etwa die Farbe des Palisanderholzes an. Vor der Übergabe derselben an den allgemeinen Verkehr, welche schon wenige Stunden nach erfolgter Fertigstellung, d. h. wenn die Asphaltschicht die Temperatur des Erdbodens angenommen hat, erfolgen kann, bestreut man die Straße in der Regel mit nicht zu grobkörnigem, möglichst gesiebtem Sand, um ein Ausgleiten der Pferde auf der polierten Fläche zu verhüten.

Die Ausführung der Stampfarbeit auf die beschriebene Weise leidet natürlich an gewissen Unvollkommenheiten, die in der verschiedenartigen Geschicklichkeit der ausführenden Arbeiter, sowie in deren verschiedenem Kraftaufwand bei Handhabung der Stampfer begründet liegen. Nachdem schon früher in Paris resultatlose Versuche mit geeigneten Stampfmaschinen angestellt worden sind, um diese Unvollkommenheiten zu beseitigen, hat E. Dietrich[1]) eine Maschine konstruiert, welche eine gleichmäßigere Kompression des Asphaltpulvers dadurch erreicht, daß alle Teile der Straßenfläche, was bei Handarbeit untunlich ist, gleich oft von den Stampfern derselben getroffen werden und daß diese aus gleicher Höhe herabfallen. Je nach der Einstellung läßt der Apparat größere oder geringere Hubhöhe zu. Die in zwei Reihen angeordneten rechteckigen Stampfer sind so gegeneinander versetzt, d. h. ihre Ränder überdecken sich derartig, daß beim Vorrücken des auf einem Wagen ruhenden Apparats kein Teil der Straßenbahn ungestampft bleibt. Da die Stampfer unmittelbar, nachdem sie die Asphaltfläche getroffen haben, wieder gehoben werden, wird das Ankleben von Asphaltteilchen an denselben vermieden, so daß dieselben in ungeheiztem Zustande verwendet werden können; zudem ist, um ein Abkühlen der Bodenfläche möglichst zu verhüten, die untere Fläche der Stampfer mit einer Hartholzlage versehen, welche durch ein dünnes Stahlblech vor Abnutzung geschützt wird. Léon Malo, der kompetenteste Fachmann auf dem Gebiet der Asphaltstraßen, stellt dem Apparat, der eingehend in dem mehrfach zitierten Werk von Dietrich auf Seite 130 beschrieben wird, ein sehr günstiges Prognostikon.

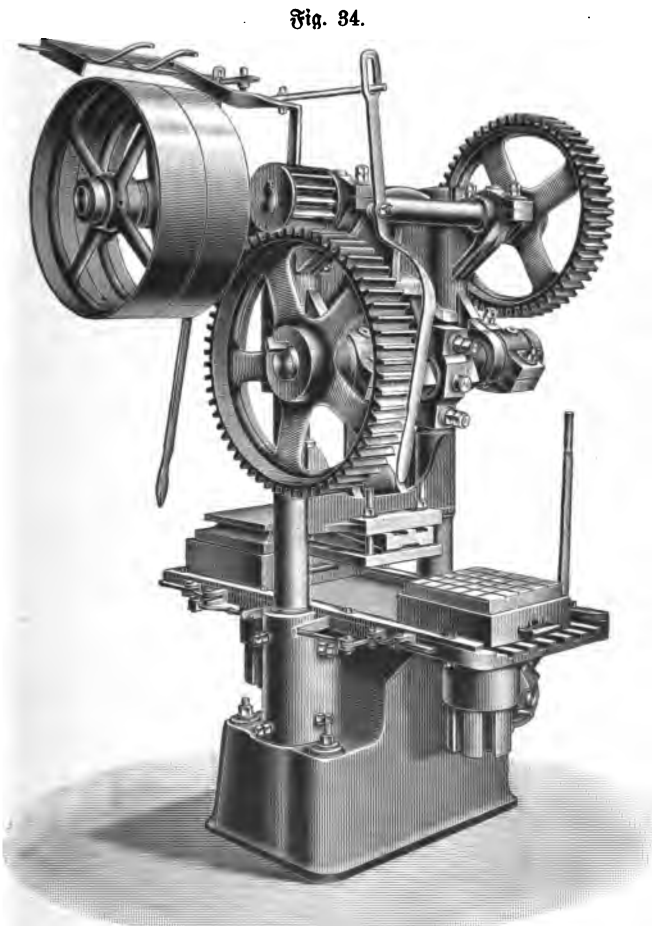
E. Farrington[2]), D. R.-P. Nr. 2560, will das Asphaltpulver nicht durch Erhitzen in komprimierbaren Zustand bringen, sondern durch Imprägnieren mit Schwefelkohlenstoff (?), Naphta, Benzin u. dgl. eine teilweise Lösung herbeiführen, so daß beim nachherigen Stampfen unter Verflüchtigung des Lösungsmittels die einzelnen Teilchen aneinander haften. Es ist nicht bekannt geworden, ob dies Verfahren irgendwo ausgeübt wird.

Der erste, welcher versucht hat, Stampfasphalt fabrikmäßig herzustellen und in fertigen Platten direkt auf der Straßenfläche zu verlegen, war Léon Malo, welcher bereits im Jahre 1872 zusammen mit Robin ein dahin

[1]) D. R.-P. Nr. 16422. — [2]) Chem. Ind. 1880, S. 207.

zielendes Patent entnommen hatte. Das Asphaltpulver wurde dabei in kaltem Zustande in eisernen Formen einem hohen Druck ausgesetzt. 1873 führte Delano noch das Erhitzen des Pulvers bei der Plattenfabrikation ein, da sich das letztere erfahrungsgemäß in warmem Zustande besser komprimieren läßt als im kalten. Der beim Pressen angewandte Druck betrug bis zu 200 Atm., das Format der Platten 10 bis 40 cm im Quadrat und ihre Stärke 4 bis 7 cm.

Fig. 34.



1878 nahm dann auch Kahlbetzer ein D. R.-P. Nr. 5646 auf die Herstellung solcher Platten, welches von dem von Malo geübten Verfahren kaum abweicht und daher wertlos ist, da es jedermann freisteht, derartige Platten anzufertigen. Jedenfalls war Kahlbetzer aber der erste, der dieselben in Deutschland in großem Maßstab erzeugt hat. Nach seinem Verfahren wird das rohe Asphaltpulver auf 70° C erwärmt und unter einem Druck von 40 Tons in gußeiserne Formen von 25 cm^2 gepreßt.

Derartige Platten werden heute in vielen Asphaltfabriken angefertigt; zum Erwärmen des Asphaltpulvers dienen die bereits früher beschriebenen Darren oder rotierenden Trommeln. Das Pressen erfolgt in der Regel durch sogen. Kniehebelpressen für Hand- oder Maschinenbetrieb. Fig. 34 (a. v. S.) zeigt eine derartige Presse, wie sie von der Firma C. Lucke in Eilenburg bei Leipzig speziell für diesen Zweck in sehr guter Konstruktion ausgeführt wird. Die Presse arbeitet mit zwei Formen, welche auf beiden Enden des Preßtisches stehen und, mit Material gefüllt, abwechselnd nach der Mitte des Preßtisches unter den Preßmechanismus geschoben werden. Nach ausgeführter Pressung werden dieselben wieder nach den an den Enden befindlichen Ausstoßvorrichtungen zurückgezogen. Um die Leistungsfähigkeit der Pressen zu erhöhen, werden dieselben auch mit zwei Vorsetztischen geliefert, auf welchen je zwei Formen Platz finden.

Ein Hauptvorteil der komprimierten Asphaltplatten gegenüber dem an Ort und Stelle erzeugten Asphaltpflaster wird in der Möglichkeit erblickt, dieselben bei jeder Witterung verlegen zu können; noch etwas weiter in dieser Beziehung geht ein anderes Patent, das mit der Asphaltdecke gleichzeitig die Zementbetonschicht vereinigt. Ein B. Löhr[1]) geschütztes Verfahren soll es ermöglichen, Fußsteig- und Straßenbeläge aus plattenförmigen Körpern herzustellen, deren obere Abnutzschicht aus gepreßtem Asphaltpulver und deren untere Schicht aus Zementbeton besteht, welche einen einheitlichen, untrennbaren Körper bilden. Zur Herstellung dieser Asphalt-Zementplatten dient folgendes Verfahren: Getrocknetes und erwärmtes Asphaltpulver wird in geeigneter Metallform in gleichmäßig starker Schicht ausgebreitet und mit einer erdfeuchten Schicht Zementbeton durch hohen Druck zu einem einheitlichen Körper vereinigt. Der so gebildete Körper wird längere Zeit feucht gehalten und dann vollständig getrocknet.

Den gleichen Zweck verfolgen J. Steinbach und F. Duderstadt, D. R.-P. Nr. 132810 vom 21. April 1900, indem sie erwärmtes Asphaltpulver mit einer Schicht erdfeuchten Zementbetons zusammenpressen. Dem Asphaltpulver setzen sie gemahlenen Schwefel, Chlorkalk und gekörntes Hartgestein (z. B. Porphyr) zu und erhitzen die Masse allmählich auf 120 bis 140° C. Der Chlorkalk soll den Zweck haben, eine feste Verbindung zwischen den beiden Schichten herzustellen; inwiefern er dies vermag, muß allerdings dahingestellt bleiben.

Nach Frangenheim[2]) sind die Asphaltplatten in jeder Hinsicht dem auf der Fahrbahn selbst hergestellten Stampfasphalt vorzuziehen, weil sie infolge des in der Maschine herrschenden gleichmäßigen Drucks auch einem gleichmäßigen Verschleiß unterworfen sind. Ähnliche Ansichten vertritt auch Daehr[3]) (welcher noch besonders die bessere Kompression der Asphaltplatten hervorhebt), denen übrigens E. Dietrich[4]) entgegentritt, indem er darauf hinweist, daß bei der Vergleichung der auf der Straße gefertigten Asphaltflächen mit den durch

---

[1]) Tonind.-Ztg. 1899, S. 1155. D. R.-P. Nr. 75129. — [2]) Deutsche Bauzeitung 1886, S. 391. — [3]) Ebend. 1890, S. 2. — [4]) Ebend. 1890, S. 270.

Pressen gebildeten Platten völlig übersehen wird, daß der auf der Straße gearbeitete Asphalt nicht nur gewalzt, sondern auch gestampft wird, wodurch eine größere Verdichtung des Pulvers erfolgt, als von Daehr angenommen zu werden scheint. Ferner wird übersehen, daß die in gewissem Sinne knetende Wirkung einer Walze, bei gleichem Drucke auf gleicher Fläche, naturgemäß mehr leisten muß, als der gleichmäßige Druck einer Presse; die letztere wird daher einen verhältnismäßig viel größeren Druck ausüben müssen, um eine gleiche Wirkung zu erzielen.

Man vergleicht die Wirkung von Walzen, Stampfen oder Pressen in vorliegendem Falle zweifellos am sichersten und einfachsten durch die Ermittelung der spezifischen Gewichte des fertigen Fabrikates. Zum Zwecke der Erledigung der Sache hat Dietrich sich der Mühe unterzogen, nachfolgende spezifische Gewichte, und zwar der Einheitlichkeit halber übereinstimmend für Val Travers-Asphalt zu ermitteln:

1. Straßenasphalt, auf der Straße durch Walzen und Stampfen in der gewöhnlichen Weise verdichtet und vor Eröffnung des Verkehrs herausgeschnitten . . . 2,05 spez. Gew.
2. Platten von Kahlbetzer, 1885 gefertigt . . . 2,05 „ „
3. Platten wie vorige, 1889 gefertigt . . . . . 2,08 „ „
4. Straßenasphalt, auf der Straße durch Walzen und Stampfen mittels Dietrichs Stampfmaschine verdichtet und vor Eröffnung des Verkehrs herausgeschnitten . . . . 2,10 „ „
5. Straßenasphalte, welche mehrere Jahre durch den Verkehr verdichtet wurden . . . . 2,25—2,35 „ „

„Die Zahlen beweisen, daß kein irgendwie nennenswerter Unterschied in der Dichtigkeit des auf der Straße selbst gefertigten Asphaltes und der Platten besteht, und daß beide Fabrikate hinterher unter der Wirkung des Verkehrs noch ganz erheblich verdichtet werden."

„Es ist kaum zu bezweifeln, daß die Verwendung von Platten, zumal in größeren Städten, wo die Apparate der Asphaltindustrie zur Hand sind und wo es auf Herstellung großer Flächen in kurzer Zeit ankommt, nach wie vor in bescheidenen Grenzen bleiben wird."

„Sollte es übrigens in Zukunft gelingen, Platten herzustellen, welche die Dichtigkeit alten, vom Verkehre zusammengedrückten Straßenasphaltes haben, so werden solche Platten voraussichtlich wieder an dem Mangel leiden, sich nicht zu der unbedingt notwendigen einheitlichen Platte zusammenfahren zu lassen, und es würden die zerstörenden Wirkungen der Pferdestollen sich dann alsbald an den Plattenrändern zeigen."

Nach E. Dietrich[1]) lassen sich derartige Platten um so besser zu einer einheitlichen Fläche zusammenfahren, je weniger stark sie komprimiert sind; sehr stark komprimierte Platten, namentlich von größerem Format, brechen leicht unter dem Einfluß des Verkehrs.

[1]) Die Asphaltstraßen, S. 137.

Die Verlegung der Asphaltplatten auf der Betonunterbettung ist eine außerordentlich einfache; sie werden lediglich unter Vermeidung offener Fugen möglichst dicht aneinander geschoben und mit einer dünnen Schicht von Sand oder besser Asphaltpulver unterlagert, wobei Anschlußplatten besonderer Form aus gewöhnlichen Platten mit der Säge ausgeschnitten werden. Ein Nachwalzen nach beendigter Verlegung ist überflüssig, da dieselben sich im Verkehr noch zu einer einheitlichen, fugenlosen Decke zusammenarbeiten.

Über die Vorzüge und Nachteile der Asphaltstraßen gegenüber mit anderen Pflastermaterialien versehenen Straßen ist mit Rücksicht auf die große Wichtigkeit der Sache viel geschrieben worden. Es liegt nicht im Plane dieses Werkes, alle Meinungen einzeln aufzuführen; wir beschränken uns in dieser Hinsicht auf eine beachtenswerte Zusammenstellung, in welcher die hauptsächlichsten Eigenschaften und Vorzüge der Straßenpflasterung in Granit, Asphalt und Holz auf Grundlage von Erfahrungen in einer Reihe größerer Städte in England vergleichend gegenübergestellt sind, und welche die „Nouvelles Annales de la Construction" 1897 bringen. Bezeichnet man die Rangstufen der drei in Betracht gezogenen Pflasterungsarten mit 1., 2. und 3., so ergibt sich folgende Tabelle:

Vorzüge betreffend	1.	2.	3.
Hygiene	Asphalt	Granit	Holz
Geräusch	Holz	Asphalt	Granit
Sicherheit für die Pferde	Holz	Asphalt	Granit
Reinlichkeit	Asphalt	Granit	Holz
Dauerhaftigkeit	Granit	Asphalt	Holz
Ökonomie	Granit	Holz	Asphalt
Reparaturfähigkeit	Asphalt	Holz	Granit
Bequemlichkeit für Trambahnen	Granit	Holz	Asphalt

Hiernach würde mit Rücksicht auf die öffentliche Gesundheitspflege, Reinlichkeit und Reparaturfähigkeit das Asphaltpflaster, hinsichtlich der Geräuschlosigkeit und Sicherheit für die Pferde das Holzpflaster und hinsichtlich der Dauerhaftigkeit, Ökonomie und Bequemlichkeit für Trambahnen das Granitpflaster in erster Linie stehen. Es wird niemand geben, der in einer modernen Großstadt nicht die Rücksichten auf die öffentliche Gesundheitspflege, dann vor allem auf Reinlichkeit und Geräuschlosigkeit denen auf Dauerhaftigkeit voranstellt.

Hinsichtlich der Sicherheit der Pferde auf Asphaltpflaster ist es statistisch nachgewiesen, daß dieselbe nicht allein wächst mit Zunahme des Umfangs der in Asphalt ausgeführten Straßen, sondern daß sie für Pferde, die nur auf Asphalt zu laufen gewohnt sind, eine größere ist, als auf Granitpflaster, welches mit der Zeit einen hohen Grad von Glätte durch Abnutzung der Kanten der Pflastersteine annimmt. Gleichwohl hat man aber versucht, die Fläche durch

Riffelung rauh zu machen, was bei der geringen Härte des Stampfasphalts aber als mißlungen zu betrachten ist.

Um die den Pferden schädliche Glätte des Asphaltpflasters zu beseitigen, wurde in letzter Zeit [1]) eine Pflasterungsart erfunden und patentiert, welche darin besteht, daß schmale Holzscheite in die Asphaltmasse eingebettet werden, so daß die schmale Oberfläche dieser Holzscheite bis zur Pflasteroberfläche reicht. Das Holz nutzt sich etwas früher ab, als die Asphaltmasse, so daß das Pflaster ein geriffeltes Aussehen erhält, welches sich aber im Gebrauche nicht verwischt, indem die Holzscheite durch den Verkehr immer mehr angegriffen werden, als die Asphaltmasse.

O. Schwarz [2]) (D. R.-P. Nr. 66777) will den gleichen Zweck dadurch erreichen, daß er der Asphaltschicht eine Einlage von aus Holzwolle gefertigten Seilen gibt.

Die Gefahr des Ausgleitens der Pferde auf Stampfasphaltfahrbahnen besteht übrigens lediglich bei gewissen Witterungsverhältnissen und ist dann ausschließlich auf eine größere Schlüpfrigkeit infolge ungenügender Reinigung [3]) zurückzuführen. Ein Ausgleiten infolge ungünstiger Steigungsverhältnisse kann bei einer richtig konstruierten Straße nicht eintreten, weil man als äußerste Grenze für die Zulassung der Asphaltierung ein Verhältnis von 1 : 60 (in Paris ausnahmsweise von 1 : 50) annimmt, und man anderseits infolge der Einheitlichkeit der Oberfläche der Asphaltlage sich bezüglich des seitlichen Gefälles auf das äußerste Mindestmaß beschränken kann. Man wird aber auch nicht vergessen dürfen, daß ein Stürzen für die Pferde auf Asphaltpflaster infolge seiner hohen Elastizität meistens nicht so verhängnisvolle Folgen haben wird, als auf Granitpflaster.

Bei einer vorschriftsmäßig ausgeführten Stampfasphaltstraße kommen Reparaturen außerordentlich selten vor. Ist der Asphalt auf zu nasse Unterlage oder bei feuchter Witterung verlegt worden, so tritt im Sommer bei intensiver Hitze infolge Verdunstung des Wassers oder im Winter bei starkem Frost infolge Gefrierens desselben leicht eine Hebung der Decke und dadurch verursachte Wellenbildung ein, welche die Abnutzung beschleunigt. Eine weitere Ursache der Zerstörung des Asphaltpflasters fand Denhardt [4]) in den im Grunde liegenden Gasleitungsröhren, wenn sie undichte Stellen haben; die flüssigen Kohlenwasserstoffe des Leuchtgases werden von dem Bitumen der Asphaltlage absorbiert und erweichen dieselbe derart, daß sie nach kurzer Zeit erhebliche Beschädigungen aufweist. Als Verfasser dieses Werkes den aus einem gewöhnlichen Gashahn austretenden Gasstrom während 12 Stunden durch einen mit 500 g Asphaltpulver beschickten Glaskolben treten ließ, konnte er eine Gewichtszunahme von 7,5 g konstatieren; das Pulver war so klebrig geworden, daß es sich zwischen den Fingern leicht komprimieren ließ. Bei der Destillation im Wasserdampfstrom lieferte es eine milchige Flüssigkeit, die nach

[1]) Zeitschr. f. Transport- und Straßenbauwesen 1899, S. 231. — [2]) Wagners Jahresber. d. chem. Technol. 1893, S. 752. — [3]) Vgl. E. Dietrich, Wochenblatt für Baukunde 1885, S. 239. Dinglers polyt. Journ. 257, 386. — [4]) Zentralblatt f. Bauverwaltung 1889, S. 94. Chem.-Ztg. 1889, Rep. S. 320.

längerem Stehen Tröpfchen ausschied, welche beim Behandeln mit Salpetersäure den charakteristischen Geruch des Nitrobenzols zeigten.

Wie schon erwähnt, sind Reparaturen an Asphaltstraßen leicht auszuführen, indem man die beschädigte Stelle ihrem ganzen Umfang nach von der Betonunterlage abnimmt und frisches Asphaltpulver auf die beschriebene Weise einstampft. J. W. Buzzard bringt auf die schadhafte Stelle eine Lage von geschmolzenem Asphaltmastix, bis ein Erhitzen und Aufweichen der Asphaltschicht stattgefunden hat, welche sich dann leicht ausheben läßt. Der ausgehobene Asphalt läßt sich übrigens durch Vermahlen leicht wieder in Asphaltpulver zurückverwandeln, welches als Zusatz zu frischem Pulver zu neuen Stampfarbeiten, besser aber auf Asphaltmastix (siehe nächstes Kapitel) verarbeitet werden kann.

Nach Löhr[1]) ist bei Verwendung seiner „Patent-Hochdruck-Asphalt-Zement-Platten" eine Wellenbildung in der Asphaltschicht erfahrungsgemäß ausgeschlossen, weil sich dieselben durch Verlegung in Kalkmörtel absolut fest mit dem Betonuntergrund der Straße verbinden.

---

[1]) Zeitschr. f. Transport- u. Straßenbauwesen 1899, S. 179.

Siebentes Kapitel.

Die Fabrikation des Asphaltgoudrons und Asphaltmastix und ihre Verwendung zur Ausführung von Gußasphaltarbeiten.

Wie bereits erwähnt, bildet der gemahlene Asphaltstein zugleich auch das Hauptrohmaterial zur Herstellung des sogenannten Asphaltmastix, welcher zu Gußasphalt- und Isolierungsarbeiten aller Art verwendet wird. Wie schon der Name besagt, haben wir es also mit einer Art Asphaltkitt zu tun, welche der Natur des Asphalts entsprechend nur in geschmolzenem Zustande verwendet werden kann. Da aber, wie wir wissen, das gewöhnliche Asphaltpulver in seinem eigenen Bitumen nicht schmelzbar ist, so ist es nötig, demselben so viel reines, mineralisches Bitumen (Asphalt) von geeigneter Beschaffenheit zuzusetzen, daß man ein Produkt erhält, welches die erforderliche Schmelzbarkeit in gewünschtem Maße besitzt. Dieser Zusatz (Goudron minérale, Goudron composé, bitume, bitume raffiné, refined bitume) soll aus möglichst reinem, mineralischem Bitumen bestehen, welches bei + 10° C eine feste Masse bildet und sich bei höherer Temperatur leicht verflüssigt. Die Fabrikation des Asphaltmastix zerfällt daher in zwei getrennte Operationen: die Herstellung des Goudrons und die Herstellung der Mastixbrote. Beide Artikel, der Asphaltgoudron wie auch der Asphaltmastix, sind Handelsware. Wir wenden uns zunächst zur

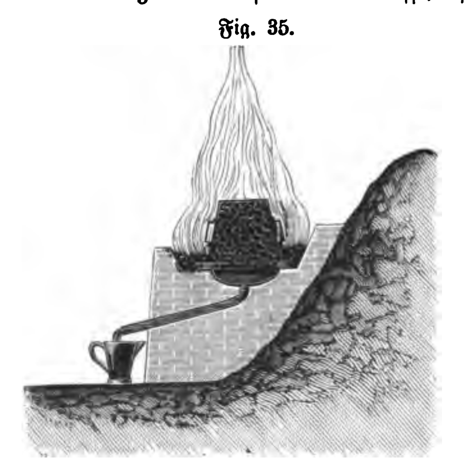
Fabrikation des Asphaltgoudron.

Früher verwendete man zur Herstellung von Asphaltmastix einen „Bergteer", den man auf die einfachste Weise aus dem bituminösen Gestein selbst durch einen Aussaigerungsprozeß gewonnen hatte; hierzu dienten sehr primitive Einrichtungen, wie eine solche durch Fig. 35 (a. f. S.) dargestellt wird. An irgend eine passende Berglehne baute man eine Feuerstelle nach Art der gewöhnlichen Schmiedeessen und brachte auf der Sohle derselben eine Anzahl Gruben von etwa 0,75 m Weite und 0,30 m Tiefe an, die mit Lehm ausgekleidet wurden und an deren tiefster Stelle ein Rohr durch das Mauerwerk

ins Freie führte. Über diese Öffnungen wurde ein passender, mit dem bituminösen Gestein gefüllter und mit einer gelochten Eisenplatte versehener Tiegel von etwa 1 m Höhe gestülpt und ringsherum mit Lehm abgedichtet. Um den Tiegel wurde ein Kohlenfeuer unterhalten, welches eine Art trockene Destillation und Extraktion zu gleicher Zeit zuwege brachte, indem die an der Wandung des Tiegels sich bildenden Gase und Dämpfe das Bitumen aus dem im Innern desselben vorhandenen Gestein auslaugten, welches dann durch die am Boden der Grube eingesetzte Rinne in untergestellte Gefäße abfloß. Eine derartige Einrichtung, wie sie noch bis vor kurzem [1]) in Seefeld (Tirol) zur Gewinnung des unter dem Namen „Thürsenöl" bekannten Heilmittels aus dem dortigen bituminösen Gestein in Gebrauch stand, konnte natürlich nur ein durch Zersetzungsprodukte verunreinigtes, geringwertiges Produkt liefern.

An anderen Orten hat man den Bergteer auf eine andere, bereits von Eirinis geübte Weise aus dem Asphaltstein ausgezogen; das gröblich zerkleinerte Gestein wurde in eisernen Kesseln mit Wasser überschichtet und dieses zum Kochen erhitzt. Das verflüssigte Bitumen wurde dabei durch das Wasser aus dem Gestein verdrängt und stieg an die Oberfläche, während Gestein und Wasser bei darauffolgender Ruhe zu Boden sanken, bzw. sich unter der Bitumenschicht ablagerten. Das abgeschöpfte Bitumen erhitzte man in offenen Kesseln so lange, bis alles Wasser und alle leichtflüchtigen Bestandteile des Bitumens verjagt waren, wobei sich gleichzeitig erdige Verunreinigungen, soweit solche noch vorhanden waren, am Boden der konischen Kessel absetzten.

Fig. 35.



Dieses Verfahren ließ sich mit Vorteil indessen nur auf die Verarbeitung sehr bitumenreicher Gesteine oder Sande (Bastennes, Lobsann) anwenden, die leider nicht in der erforderlichen Menge vorhanden sind. Später ging man daher zur Anlage horizontaler oder geneigt liegender Retorten zum Ausschmelzen des Bitumens über, machte dabei aber die schlechte Erfahrung, daß die Retorten sehr bald durchbrannten und das Bitumen sich an den heißen Wänden derselben zum großen Teil zersetzte.

Boutigny [2]) empfiehlt zu dem gleichen Zweck die Anwendung siebartig durchbrochener, stehender, schmiedeeiserner Zylinder, deren Boden durch einen

[1]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1888, S. 414. — [2]) Révue industr. 1879, p. 54. Chem. Ind. 1879, S. 206.

Rost ersetzt ist, und deren oberes, offenes Ende zum Einfüllen des bituminösen Gesteins dient und durch einen passenden Deckel verschlossen werden kann. Dieser Zylinder ist dann wieder in einem geringen Abstand von einer zweiten schmiedeeisernen, vollwandigen Röhre konzentrisch umgeben, die von außen durch die Verbrennungsgase einer nebenliegenden Feuerung spiralförmig umzogen und dadurch so stark erhitzt wird, daß der in ihm hängende, mit Asphaltstein gefüllte Siebzylinder durch Bestrahlen auf eine für die Ausschmelzung des Bitumens genügend hohe Temperatur sich erhitzt. Man hat hierbei darauf zu achten, daß das Gestein hinlänglich feucht in die Retorte eingefüllt wird, weil in der Anwesenheit des Wassers eine Sicherheit gegen eine allzu hohe, auf das Bitumen zersetzend einwirkenden Temperatur gegeben wird. Bitumen, Öl und Wasserdampf können nur durch den rostförmigen Boden, d. h. nach abwärts in ein unten stehendes Kühlgefäß entweichen, woselbst sie zur Verdichtung gelangen. Die Ausbeuten an Bitumen sollen nach diesem Verfahren um 25 bis 30 Proz. höher sein, als in liegenden oder geneigten Retorten, und es sollen sich in diesem Apparat, der in den Abruzzen seit längerer Zeit in Gebrauch ist, noch Gesteine mit nur 2 Proz. Bitumengehalt vorteilhaft verarbeiten lassen. Man erkennt nicht unschwer, daß dieser Apparat eine neue Auflage der alten Schmelzöfen von Seefeld darstellt, allerdings unter Zugrundelegung der modernen Hilfsmittel der Technik.

Man hat auch versucht[1]), das Bitumen aus dem Asphaltstein durch Schwefelkohlenstoff auszuziehen und durch Abdampfen des letzteren zu isolieren, aber das Verfahren stellte sich als zu teuer heraus. Jössinet[2]) entnahm ein D. R.-P. Nr. 15775 auf Extraktion des Bitumens aus Gestein durch Anwendung von Mineralölen und nachheriges Abdestillieren derselben.

Alle diese Verfahren zur Gewinnung eines geeigneten Zusatzbitumens können aber, vielleicht mit alleiniger Ausnahme des Boutignyschen Aussaigerungsprozesses die Konkurrenz mit dem in ungeheuren Lagern vorkommenden Erdpech (namentlich dem von Trinidad, Kuba, Westvirginien und Neu-Braunschweig), das man bloß auf einen höheren Grad der Geschmeidigkeit zu bringen braucht, um einen vorzüglichen Goudron zu erhalten, nicht bestehen, und fast die gesamte Menge des letzteren wird aus diesen Produkten, besonders dem von Trinidad, heutzutage gewonnen. In den europäischen Staaten ist derselbe daher schlechtweg unter dem Namen „Trinidadgoudron" bekannt.

Das rohe Erdpech von Trinidad, wie es aus dem See oder dem angrenzenden Plateau gewonnen wird, ist nun keineswegs so rein, daß es sich direkt zur Verarbeitung auf Goudron eignen würde. Es enthält beträchtliche Einschlüsse von Erde, Steinen, Holz und Wasser, die erst durch einen einfachen Läuterungsprozeß in der Regel am Ort der Gewinnung selbst entfernt werden müssen. Nach Dietrich[3]) kann man seine Zusammensetzung rund wie folgt annehmen:

[1]) S. Dietrich, Die Asphaltstraßen, S. 31. — [2]) Wagners Jahresber. d. chem. Techn. 1881, S. 947. — [3]) Die Asphaltstraßen, S. 31.

1/3 Asphalt,
1/3 erdige Bestandteile usw.,
1/3 Wasser.

Nach Cumenge[1]) beschränkt sich die Reinigung an Ort und Stelle auf ein Schmelzen und längeres Erhitzen (etwa 12 Stunden) in großen, gußeisernen Kesseln, wobei das Wasser sich größtenteils verflüchtigt, erdige Bestandteile sich zu Boden setzen und Holz und derartige Verunreinigungen sich an der Oberfläche ansammeln und abgeschöpft werden können. Das so gereinigte Produkt gelangt nun unter dem Namen „Trinidad Asphalte épuré“ in offenen Tonnen in den Handel und dient zur Herstellung des Trinidadgoudrons. Den Einfluß, den diese primitive Reinigung auf dasselbe ausgeübt hat, illustriert folgende Tabelle von Cumenge, welche Partialanalysen des rohen und gereinigten Asphalts enthält:

	Fester Kohlenstoff Proz.	Bitumen Proz.	Asche Proz.
Roher Asphalt vom See	3	50	47
„ „ von der Mitte des Sees	5	62	33
„ „ vom Plateau	18	28	54
Gereinigter Asphalt vom See	5	58	37
Andere Analysen[2]) ergaben			
Lake-Asphalt-Epuré	8,36	55,36	36,34
Land-Asphalt-Epuré	11,05	51,46	37,49

Die weitere Verarbeitung des Trinidadasphalts (Epuré) bezweckt lediglich die Zuführung eines geeigneten Flußmittels, um demselben die Sprödigkeit nach dem Erkalten zu nehmen und ihm eine dauernde Elastizität bzw. Knetbarkeit zu geben. Die Wahl dieses Flußmittels ist in Anbetracht der Aufgabe des Asphaltgoudrons durchaus nicht gleichgültig; es muß vor allen Dingen einen so hohen Siedepunkt besitzen, daß es sich bei den bei der Fabrikation von Asphaltmastix in Frage kommenden Temperaturen (etwa 250° C) nicht verflüchtigt, es darf sich bei dieser Temperatur auch nicht zersetzen und muß chemisch so indifferent sein, wie der Asphalt selbst.

Hiernach schließt sich die Verwendung von Steinkohlenteerdestillaten schon von selber aus, und in Frage können nur kommen dünnflüssiger Bergteer, sowie die diesem verwandten Rückstände der Roherdöldestillation und endlich gewisse Produkte der trockenen Destillation von Ölschiefern (huile d'Autun, goudron d'Autun, shale grease) und der Braunkohle (Paraffinöl). Welchem dieser Produkte der Vorzug zu geben sein wird, dürfte schwer zu sagen sein;

[1]) Ann. min. [8] 2, 137. — [2]) Trinidads Asphaltsee- und Landasphalte, S. 3.

man hat mit allen, gute Qualität vorausgesetzt, die besten Erfolge erzielt. Der Natur der Sache nach hat wohl der natürliche Bergteer die meiste Verwandtschaft zum Asphalt und dürfte sich daher in erster Linie als Zusatz empfehlen, wird aber leider nicht in der erforderlichen Menge gefördert. Meinecke[1]) führt aus, daß der Bergteer, zumal in seinen weicheren Sorten, durchaus nicht den Anspruch auf einen chemisch ziemlich indifferenten Körper machen kann, da er sich noch in völliger Umbildung befinde, und daher zu verwerfen sei. Man braucht indessen lediglich auf die Tatsache hinzuweisen, daß der Bergteer Jahrtausende gebraucht hat, um von dem dünnflüssigen Zustande des Erdöls in den bergteerartigen überzugehen, um die Grundlosigkeit dieses Einwurfes zu erkennen; vom Bergteer bis zum festen Asphalt ist aber noch ein sehr weiter Weg! Gleich hinfällig ist natürlich auch der weitere Einwurf, daß man von dem dickflüssigen Bergteer erheblich größere Zusätze bei der Goudronfabrikation machen muß wie von einem dünnflüssigen Öl, wie Paraffinöl (etwa 30 bis 40 Proz. gegen 15 Proz.), weil dabei übersehen wird, daß man bei der Verwendung von Bergteer entsprechend dem größeren Aufwand auch größere Mengen von Goudron erhält.

Eine ähnliche Verkennung der Tatsachen muß man Meinecke nachweisen, wenn er die Petroleumrückstände schlechtweg als mit „Kunstteerprodukten" zusammengehörig verwirft, namentlich, da das von ihm empfohlene Paraffinöl ja gerade ein solches ist, ebenso gut wie irgend ein Steinkohlenteeröl, vor welchem es natürlich die Eigenschaft einer größeren Indifferenz in chemischem Sinne voraus hat. Man darf aber wohl Dietrich[2]) beistimmen, wenn er die Rückstände der Petroleumraffinerie als nicht gleichwertig mit jenen der Roherdöldestillation ansieht, weil die ersteren aus leicht flüchtigeren Kohlenwasserstoffen bestehen. In Amerika hat man gerade mit diesen Rückständen (still bottoms), die, wie wir gesehen haben, dem natürlichen Asphalt besonders nahe stehen, die besten Erfahrungen gemacht.

Von ähnlicher Beschaffenheit sind auch die namentlich in Frankreich (huile d'Autun) und in England (shale grease) verwandten Rückstände der Leuchtschieferdestillation; die großen Fabriken von Val de Travers und Seyssel, deren Fabrikate anerkanntermaßen zu den vorzüglichsten gehören, verwenden die in den Schieferöldestillationen von Autun (Dep. Saone und Loire) gewonnenen Rückstände und legen besonderen Wert darauf, daß dieselben so zähflüssig sind, um sich in Fäden ziehen zu lassen, ohne dabei zu zerreißen.

In deutschen Asphaltfabriken verwendet man zur Fabrikation des sogen. Trinidadgoudron wohl ausschließlich die aus der sächsisch-thüringischen Braunkohlenteerindustrie entfallenden, sogen. dunklen Paraffinöle, welche nach Scheithauer[3]) ein spezifisches Gewicht von 0,880 bis 0,900 haben, von rotbrauner Farbe mit blauer Fluoreszenz sind, 1 bis 2 Proz. Kreosot enthalten und eine Viskosität von 1,5 bis 2,5 besitzen. Diese Öle entflammen zwischen 100 und 120° C und liefern bei der Destillation

---

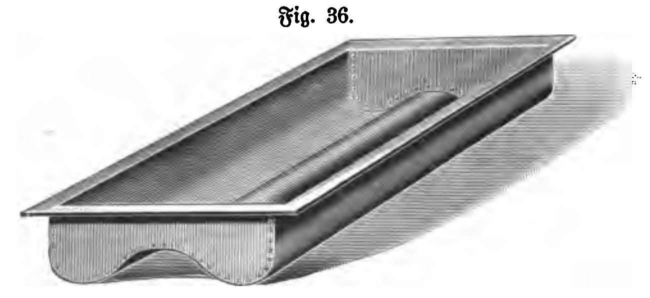
[1]) Chem.-techn. Untersuchungen über Trinidadgoudron, S. 11. — [2]) Die Asphaltstraßen, S. 33. — [3]) Muspratt, 4. Aufl., 6, 1979.

unter 250° . . . . 5 bis 15 Proz.
bis 300° . . . . 40 bis 60 „

Sie erstarren je nach ihrem Paraffingehalt bei 0 bis 5° C und enthalten 20 bis 50 Proz. in Schwefelsäure von 66° Bé lösliche, ungesättigte Kohlenwasserstoffe. Meinecke rühmt dem Paraffinöl eine Beständigkeit und Haltbarkeit nach, indem er auf dessen Namen hinweist: „Parum affinis, d. h. in chemischer Beziehung wenig verwandt, weil es bei normaler Temperatur auch von energisch wirkenden chemischen Mitteln nicht angegriffen wird." Das bezieht sich natürlich lediglich auf das Paraffin selbst, welches aus dem Paraffinöl bis auf ganz geringe Mengen herausgeholt ist; wie es mit der gerühmten Unveränderlichkeit des Paraffinöls selbst bestellt ist, beweist am besten sein Verhalten gegen Schwefelsäure von 66° Bé.

Dietrich[1]) verwirft die dünnflüssigen Paraffinöle als ungeeignet und will lediglich die dickflüssigeren, sogen. Schmierölrückstände der Paraffin- und Mineralölindustrie verwendet wissen. Hin und wieder bedient man sich zur Goudronfabrikation auch des von seinen leichtflüchtigen Bestandteilen (bis 250° C) befreiten Ölgasteers, gegen dessen Verwendung, da es ja aus dunklem Paraffinöl (Gasöl) erzeugt worden ist, sich nichts weiter einwenden läßt, als daß sein verhältnismäßig hoher Gehalt an freiem Kohlenstoff ihn jedenfalls zu diesem Zweck nicht geeigneter als ein gutes, schweres Paraffinöl macht.

Fig. 36.



Mit Rücksicht auf den hohen Schmelzpunkt des Trinidad epuré (130 bis 165°) und anderer zur Fabrikation geeigneter Erdpeche erfolgt die Herstellung des Goudrons über freiem Feuer, wozu Apparate der verschiedensten Form und Größe dienen. Meistens sind es offene, halbzylindrische, längliche oder runde schmiedeiserne Pfannen von verschiedener Größe mit abnehmbarem Deckel und Abzug für die Dämpfe; eine sogen. „Goudronpfanne", wie sie an manchen Orten üblich ist, zeigt Fig. 36. Sie hat eine Länge von etwa 3 m bei einer Breite von etwa 2 m und einer größten Tiefe von ungefähr 70 cm. Ihr Boden ist, um sie stabiler und gegen die Einwirkung der Hitze widerstandsfähiger zu machen, weder halbrund noch flach, sondern wellenförmig gestaltet. Unter dem mittleren Teil mit erhöhter Oberfläche liegt die einfache Feuerung, welche von außen her bedient wird; die Feuergase ziehen unter einem in die Wölbung passenden Gittergewölbe bis ans Ende der Pfanne und teilen

[1]) loco cit.

sich dann in zwei Züge nach rechts und links, so daß die heißen Gase unter den beiden halbkreisförmigen Senkungen des Bodens der Pfannen frei zurückkehren und auf beiden Seiten der Feuerung in den gemeinschaftlichen Fuchs einfallen. Die Pfanne ruht mit ihrem ungefähr 30 bis 40 cm breiten, nach innen fallenden Rand auf dem Umfassungsmauerwerk des Feuerherds, welches von diesem Rand größtenteils bedeckt wird; rechts und links von der erhöhten Oberfläche des Bodens sitzt sie auf den Seitenwänden des Gittergewölbes fest. Sie ist mit einem flach gewölbten, an einer Rolle aufwindbaren Deckel lose bedeckt, der seitlich je eine Klappe besitzt, um während der Arbeit sich vom Stand des Prozesses überzeugen zu können. Der in den Deckel lose eingeschobene Blechschlot für den Abzug der Dämpfe läßt sich vor dem Heben des Deckels seitlich verschieben. In einer derartigen Pfanne lassen sich in einer Operation in zwölf Stunden ungefähr 2000 bis 2500 kg Goudron herstellen.

Die Menge des Zusatzes an Bergteer, Petroleumrückstand usw. und Paraffinöl richtet sich nach der Konsistenz derselben und nach der Beschaffenheit des verarbeiteten Asphalts. Beispielsweise setzt man in Seyssel auf 3 Gew.-Tle. Trinidadasphalt 2 Gew.-Tle. Goudron d'Autun, welcher zuerst eingeschmolzen wird, zu; in Lobsann nimmt man auf 84 Tle. Trinidadasphalt 45 Tle. Goudron von Pechelbronn (Bergteer und 2 Gew.-Tle. Goudron d'Autun), während in Limmer auf 6 Gew.-Tle. Trinidadasphalt 1 Gew.-Tl. Paraffinöl kommt [1]. Im gleichen Verhältnis wie Limmer arbeiten auch die übrigen deutschen Fabriken.

Für die Arbeit mit Goudron d'Autun, wie sie in Seyssel ausgeführt wird, gibt Dietrich folgende Beschreibung: „In das zunächst eingeschmolzene, bei 25 bis 30° flüssige Zusatzmittel (huile ou Goudron d'Autun oder ähnliches) wird nach und nach der rohe Asphalt von Trinidad, zu kleinen Stücken zerschlagen, in solchem Verhältnis zugesetzt, daß auf 2 Gew.-Tle. Goudron d'Autun ungefähr 3 Gew.-Tle. Trinidadasphalt kommen. Diese Mischung läßt man unter fortgesetztem Rühren zunächst acht bis neun Stunden kochen, bis sich, vermutlich nachdem alles Wasser aus dem Trinidadasphalt verdunstet ist, ein sehr heftiges Aufwallen und Aufschäumen (von den Franzosen „la mousse“ genannt) bemerkbar macht, wobei sich das Volumen der Masse nahezu verdoppelt. Nach Verlauf von $^1/_2$ bis $^3/_4$ Stunden sinkt die Masse bei unausgesetztem Kochen wieder in sich zusammen, worauf man das Feuer insoweit beseitigt, daß kein Kochen mehr stattfinden kann; dabei setzt sich in $1^1/_2$ bis 2 Stunden der Tongehalt des Trinidadasphalts am Boden des halbzylindrischen offenen Kessels derartig ab, daß man die obere, das bitume raffiné oder goudron composé (in Deutschland Goudron) darstellende Flüssigkeit abgießen kann.“

In deutschen, mit Paraffinöl arbeitenden Fabriken gestaltet sich die Bereitung des Goudron folgendermaßen: Die Goudronpfanne wird mit 2000 bis 2500 kg Trinidad epuré, der vorher auf Hühnereigröße zerkleinert worden ist, beschickt und gleichzeitig ein kleiner Teil des etwa 15 bis 16 Proz. betragenden Zusatzes an Paraffinöl zugegeben. Bei bedeckter Pfanne wird darauf der

[1]) Dietrich, Die Asphaltstraßen, S. 33

Inhalt durch ein kräftiges Feuer zum Schmelzen gebracht, was durch den geringen Ölzusatz wesentlich erleichtert wird. In ungefähr fünf bis sechs Stunden ist die ganze Masse geschmolzen, wovon man sich häufiger durch Öffnen der Klappen und Hineinfahren mit dem Rührscheit zu überzeugen hat. Während des Schmelzens bilden sich auf der dickflüssigen Oberfläche des geschmolzenen Asphalts Blasen von manchmal beträchtlicher Größe, die kraterartig in die Höhe steigen und schließlich unter Ausstoßen einer Dampfwolke mit dumpfem Geräusch platzen. Dabei findet indessen kein Anschwellen des Pfanneninhalts statt und man kann die Pfanne daher ziemlich bis zum Rand ausnutzen. Sobald diese leichten, einem Schlammvulkan ähnlichen Eruptionen aufgehört haben, ist auch die Feuchtigkeit aus dem Asphalt ausgetrieben; man mäßigt jetzt das Feuer und zieht den Deckel der Pfanne in die Höhe.

Bevor man den Rest des Paraffinöls aus dem höher stehenden Maßreservoir zufließen läßt, überzeugt man sich durch Einhängen eines Thermometers in die geschmolzene Masse, daß deren Temperatur nicht zu hoch ist und keineswegs mehr als 180 bis 200° beträgt. Unter sehr gutem Umrühren mit durchlochter Krücke läßt man nun das Paraffinöl langsam eintreten und setzt das Rühren so lange fort, bis die teerartige Flüssigkeit eine ganz gleichmäßige Beschaffenheit angenommen hat und glatt vom Rührscheit abfließt. Das Paraffinöl löst sich nicht sofort in dem geschmolzenen Asphalt auf und längere Zeit kann man in der Pfanne beide nebeneinander beobachten. Nach etwa 1- bis $1^1/_2$stündigem Rühren ist die Vereinigung der beiden Bestandteile vollendet und man läßt bei gelindem Feuer (wie man es eben abbrennen läßt) noch kurze Zeit in der Ruhe absetzen. Man erhält so ungefähr die gleiche Menge, die man an Trinidadasphalt eingeschmolzen hat, in Form von Goudron; der Verlust ist auf den Gehalt des Asphalts an Wasser und Verunreinigungen zurückzuführen.

Von Zeit zu Zeit zieht man eine Probe und prüft dieselbe auf ihr Verhalten gegen kaltes Wasser von 7 bis 8°. Guter Goudron soll dabei so hart werden, daß er sich mit dem Hammer in Stücke zerschlagen läßt, während er andererseits unter Handwärme sich zwischen den Fingern leicht zu langen Fäden ausziehen läßt, sich aber erst bei 40 bis 50° vollständig verflüssigen soll. Nach dem Schmelzen wieder erkaltet, darf seine Härte und Sprödigkeit in kaltem Wasser nicht zugenommen haben. Er muß von schwarzer, glänzender Farbe sein; ist dies nicht der Fall, so ist der Ölzusatz nicht gehörig eingearbeitet worden.

Fig. 37.



Entspricht der Goudron bei dieser einfachen Probe allen Anforderungen, so wird er in Fässer abgezogen und dabei gleichzeitig noch durch ein Sieb laufen gelassen, um alle gröberen Verunreinigungen, wie Holz von der Emballage des Trinidadasphalts, Steine usw., zu entfernen. Als Fässer benutzt man alte, gut ausgedämpfte und unter Umständen, damit der zähe Goudron nicht an den

Dauben der Fässer festhaftet, mit Lehmbrühe ausgespülte Petroleumbarrels. Als Fülltrichter dient dabei eine Vorrichtung, welche in Fig. 37 abgebildet ist. Sie besteht aus einem parallelepipedischen Blechkasten von ungefähr 30 bei 60 cm Breite, 75 cm Länge und etwa 8 bis 10 cm Tiefe; am engeren Teil besitzt der Kasten am Boden einen Blechrohransatz, der in die Spundöffnung der Fässer hineinpaßt. Unmittelbar vor diesem Rohransatz sitzt eine herausnehmbare Wand von Drahtgeflecht, welche alle Verunreinigungen zurückhält.

Fabrikation des Asphaltmastix.

Das Mischungsverhältnis zwischen Asphaltpulver und Goudron zur Fabrikation des Asphaltmastix hängt von dem Bitumengehalt des angewandten Asphaltpulvers ab; wir haben schon angeführt, daß zu diesem Zweck ein Asphaltstein mit hohem Bitumengehalt sich am besten eignet, weil er den geringsten Zusatz von Goudron erfordert. Wir haben auch gesehen, daß mancher Asphaltstein so reich an Bitumen ist, daß er sich infolge seiner großen Zähigkeit gar nicht vermahlen läßt; dies hindert aber nicht seine Verwendung zur Fabrikation von Asphaltmastix, weil, wie wir wissen, ein derartiger Stein schon beim bloßen Erhitzen erweicht und in seine mechanisch feinen Teile zerfällt.

Was nun den Bitumengehalt eines guten Asphaltmastix anbelangt, von dem ja einzig und allein das Mischungsverhältnis der beiden Bestandteile (Asphaltpulver und Goudron) abhängt, so existieren dafür keinerlei Normen; er ist abhängig davon, ob der Asphalt später mit oder ohne Zusatz von Kies oder Sand zur Straßen- oder Grundmauerabdeckung dienen soll. In der Regel wird der Asphalt nicht ohne diesen Zusatz verlegt, weil er die Widerstandsfähigkeit der Asphaltfläche (bei Straßenflächen) ganz bedeutend erhöht und die Arbeit nicht unwesentlich, ohne Schädigung der sonstigen vorzüglichen Eigenschaften des Asphalts verbilligt. In gemäßigten und warmen Klimaten ist dieser Zusatz auch nicht einmal zu umgehen, weil er den Asphalt als schlechten Wärmeleiter im Sommer durch Ableitung der Wärme in den Boden vor dem Erweichen schützt. In der Regel nimmt man für guten Asphaltmastix einen Bitumengehalt von 15 bis 20 Proz. an. Nach Dietrich[1]) enthält der Mastix von Val de Travers nur 11 bis 12 Proz. Bitumen, wird aber häufig ohne Kieszusatz verlegt; der Bitumengehalt anderer Mastixarten (Limmer, Vorwohle, Lohsann) steigt nach derselben Quelle bis zu 25 Proz. Da der Asphaltmastix bei der Verarbeitung auf Gußasphalt nicht ohne Zusatz weiterer Mengen von Goudron verlegt wird, so wird natürlich ein an Bitumen armer Mastix einen um so größeren Zusatz an Bitumen (Goudron) verlangen.

Ein guter Asphaltmastix soll keine weiteren Zusätze enthalten und nur aus dem natürlichen bituminösen Gestein und reinem, gutem Goudron bestehen. In den Asphaltfabriken kennt man ein ebenso einfaches als zuverlässiges Mittel, um das richtige Mischungsverhältnis im Asphaltmastix während seiner Fabrikation festzustellen. Es besteht darin, daß man aus der fertigen plastischen Mischung

[1]) Dietrich, Die Asphaltstraßen, S. 35.

mit einem Holzspachtel eine Probe zieht; beim Wenden des Spachtels muß diese daran abfließen, ohne daß Teile derselben am Spachtel hängen bleiben Diese Probe gibt mit dem analytischen Befund, der natürlich gleichfalls häufiger festgestellt wird, genügend übereinstimmende Resultate.

Ein guter Trinidadgoudron wird selten mehr als 65 bis 70 Proz. Bitumen enthalten. Hat man also beispielsweise für die Herstellung von Asphaltmastix ein Asphaltpulver von 10 Proz. Bitumengehalt zur Verfügung, so wird man demselben ein Sechstel seines Gewichts an Goudron zusetzen müssen, um auf den gewünschten Gehalt von 15 Proz. im Mastix zu kommen; denn

100 kg	Asphaltstein à 10 Proz. Bitumen enthalten . . .	10,0 kg
20 „	Trinidadgoudron 65 Proz. Bitumen enthalten . . .	13,0 „
120 Tle.	Mischung enthalten mithin	23,0 kg

oder 100 Tle. Mischung = 19 Tle Bitumen.

Da man indessen bei dem Schmelzprozeß mit Sicherheit auf einen Verlust von 4 bis 5 Proz. Bitumen (auf die gesamte Mischung berechnet) rechnen kann, so wird man bei dem beschriebenen Verhältnis gerade auf den richtigen Prozentgehalt an Bitumen kommen. Natürlich hängt es auch noch von der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des verwendeten Asphaltsteins ab, welchen Zusatz an Goudron derselbe vertragen kann. Spezielle Vorschriften über das Mengenverhältnis der Mischung zwischen Asphaltpulver und Goudron lassen sich daher nicht geben, dies muß vielmehr für jeden einzelnen Fall vorher festgestellt werden, wozu die obigen Ausführungen genügende Fingerzeige bieten.

Zum Einschmelzen und Mischen der Materialien benutzt man heute ganz allgemein sogenannte Mastikatoren, das sind schwere, halbzylindrische Kessel von Schmied- oder Gußeisen, mit starkem Rührwerk, welche zur Abführung der Gase mit einer Blechhaube überdeckt sind.

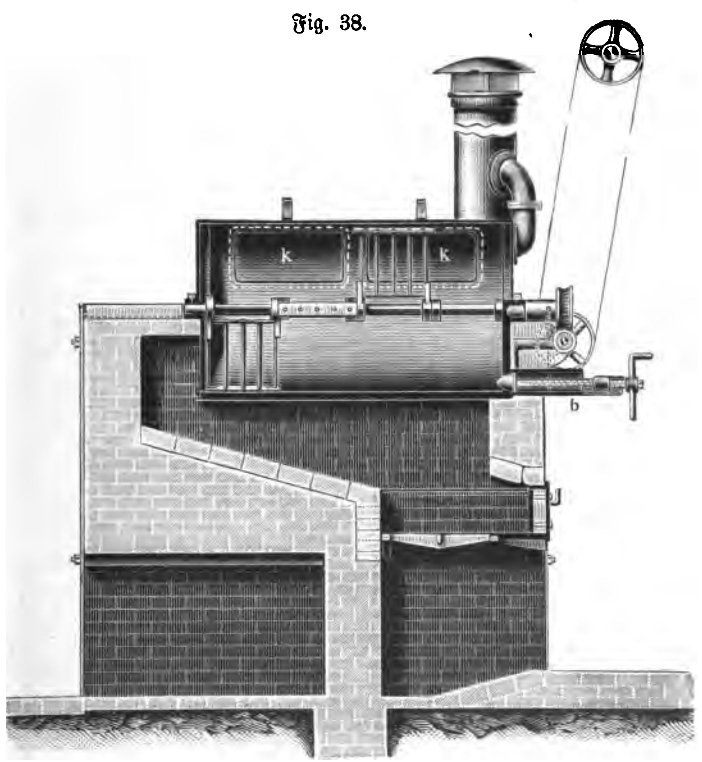
Fig. 38 gibt ein Bild der stationären Schmelzkessel, wie solche von der „Berliner Aktiengesellschaft für Eisengießerei und Maschinenfabrikation“ gebaut werden, und welche bei einem Fassungsraum von 2000 bis 4000 kg sowohl zur Herstellung von Mastixblöcken aus Rohmaterialien, als auch zur Zubereitung von Fußbodenmasse, sei es aus letzteren direkt oder aus ersteren, dienen.

Die allgemeine Anordnung derselben ist aus dieser Abbildung ersichtlich. Die mit Rührwerken versehenen Kessel werden in ausprobierter Weise oberhalb einer Feuerung eingemauert, sind je mit einer Blechhaube abgedeckt, auf der die Klappen *k* zum Einfüllen von Asphalt, Kies usw. angebracht sind, und von welcher eine Abführung der sich entwickelnden Dämpfe nach dem Kamin hergestellt ist. Zur möglichsten Ausnutzung der von den Kesseln abgehenden Hitze werden die Verbrennungsgase, ehe sie in den Kamin gelangen, unter große Pfannen geleitet, welche zwischen je zwei Kesseln, oben eine Plattform bildend, angebracht sind und zum Trocknen und Anwärmen der Asphaltpulverzusätze dienen, bevor diese zur Beschickung der Rührkessel verwendet werden.

Mittels Schneckenantrieb wird das Rührwerk des Kessels leicht bewegt, die darin befindlichen eingeschmolzenen Materialien hierdurch innigst und gleich-

mäßig und in einer Weise gemischt, wie es mit Handbetrieb gar nicht zu erreichen ist, besonders aber auch vor dem Anbrennen bewahrt. Die Entleerung des Kessels geschieht durch einen Rohrstutzen, welcher durch einen mit Bajonettverschluß und Schraube versehenen Stopfen während der Rührarbeit verschlossen ist und zum Ablassen der fertigen Masse leicht beseitigt werden kann. Durch eine anzuhängende Rinne läßt man die ausfließende Masse entweder in Formen zur Herstellung von Mastixblöcken, oder aber in den später zu beschreibenden

Fig. 38.



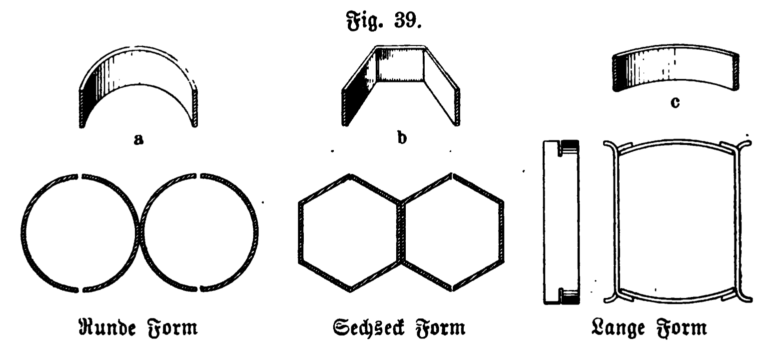
Asphalttransportkarren (Fig. 49, S. 180) fließen, um sie in diesem direkt der Baustelle zuzuführen.

Von besonderer Konstruktion ist das Rührwerk des Apparates; es besteht aus einer sich langsam drehenden Achse, an welcher eine Anzahl Messer von etwa 10 bis 12 cm Breite bei 1,5 cm Stärke so angebracht sind, daß ein Teil derselben die Masse nach dem einen, ein anderer Teil nach dem anderen Ende des Kessels hinarbeitet, wodurch eine innige Mischung der Masse erzielt wird. An ihren Enden sind die Messer mit horinzontalen Eisenschienen gegenseitig verbunden, welche so nahe an der Kesselwand vorbeistreichen, daß sie fortwährend die Masse davon abkratzen, so daß ein Anbrennen derselben vermieden wird.

Die Beschickung des Kessels erfolgt in der Weise, daß zunächst der Goudron eingetragen und geschmolzen wird; der Zusatz des Asphaltpulvers erfolgt dann

nicht auf einmal, sondern in einzelnen Portionen von je ungefähr 100 kg, welche durch die Klappen an der Seite der Haube vermittelst der Schaufel eingeworfen werden. Nach jeder neuen Zugabe hat man so lange zu warten, bis die ganze Masse gleichförmig flüssig, bzw. breiig geworden ist und keine unvermischten Teile mehr zu sehen sind. Dabei ist besonders darauf zu achten, daß die Temperatur im Innern des Kessels nicht zu hoch steigt, um wertvolles Bitumen, welches die Elastizität des Asphalts ausmacht, zu zersetzen oder zu verflüchtigen. Als oberste Temperaturgrenze sind höchstens 225 bis 230° C anzunehmen. Andererseits darf die Temperatur aber auch keinesfalls unter 175° liegen, weil es sonst schwer wird, bei dem immerhin gegenüber dem Volum des Asphaltpulvers fast verschwindenden Zusatz von Goudron eine innige Mischung zu erzielen und die leichtflüchtigen Bestandteile der Mischung auszutreiben, welche für das fertige Produkt eher schädlich als nützlich sind. Mit diesen Dämpfen entweicht zu gleicher Zeit auch die Feuchtigkeit des Asphaltpulvers in Form von Wasserdampf nach dem Kamin, falls dieses, wie es an manchen Orten geschieht, nicht vorgetrocknet worden ist.

Fig. 39.



Der ganze Schmelzprozeß erfordert bis zu seiner Vollendung ungefähr fünf bis sechs Stunden, wovon eine Stunde lediglich auf die Vollendung der Mischung nach dem letzten Zusatz von Asphaltpulver zu rechnen ist.

Der fertige Asphaltmastix wird in Formen von 20 bis 25 kg Inhalt gegossen und die nach dem Erkalten daraus ausgeschlagenen Brote von etwa 10 cm Stärke tragen in der Regel am Kopfe oder an der Seite die Fabrikmarke. Diese Formen sind zweiteilig, aus Schmiedeisen hergestellt, so daß sie sich reihenweise vor der Entleerungsöffnung des Schmelzkessels aufstellen lassen. Fig. 39 a, b und c zeigt beliebte Gestalten derselben; die runden und sechseckigen Formen erfordern nur je zwei Hälften von derselben Gestalt, während die länglichen Formen aus zwei verschiedenen Stücken bestehen, dem an jeder Seite eingeschlitzten und nach rechts und links umgebogenen Mittelstück zwischen je zwei Broten und den nach außen gewölbten Endstücken. Letztere nutzen den Platz besser aus, haben aber den Nachteil, daß der Asphaltmastix darin bedeutend langsamer erkaltet als in den runden und sechseckigen Formen, weil bei diesen zwischen den Broten je ein größerer Zwischenraum bleibt, so daß die Luft frei zirkulieren und abkühlend auf den Inhalt der Formen wirken kann. Die

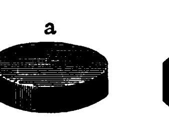
Formen werden auf einer ebenen, am besten aus Gußeisen hergestellten Fläche reihenweise so nebeneinander aufgestellt, daß sie sich gegenseitig stützen; die aus 10 cm breitem Flacheisen hergestellten Teile derselben werden manchmal, um ein Anhaften des Asphaltmastix zu verhindern, mit Lehmwasser ausgestrichen und aus dem gleichen Grunde wird auch der Boden, worauf sie ruhen, mit einer sehr dünnen Lage Asphaltpulver überstreut. Je nach der Füllung des Schmelzkessels muß vor demselben Raum zur Aufstellung von 100 bis 175 Formen à 25 kg Inhalt vorhanden sein. Die handelsübliche Form der Asphaltbrote zeigt Fig. 40 a bis c.

Der vorstehend beschriebene Asphaltmastix ist wohl geeignet zur Ausführung von Asphaltarbeiten aller Art, bei welchen er nicht unter dem Einfluß von Säuren und sauren Chemikalien zu leiden hat. Wo es aber darauf ankommt, ein gegen derartige Einwirkungen widerstandsfähiges Material zu haben, wie z. B. als Fußbodenbelag in Akkumulatorräumen, chemischen Fabriken usw., ist an seine Verwendung nicht zu denken, weil sein Hauptbestandteil (kohlensaurer Kalk) unter dem Einfluß dieser Chemikalien bald aufgelöst und der Bodenbelag dadurch zerstört würde.

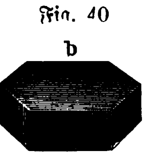
Bei der Herstellung eines derartigen Produktes geht man daher nicht von bituminösem Kalksteinpulver aus, sondern man ersetzt dasselbe durch gemahlenen und scharf getrockneten Tonschiefer, Ziegelstein, Sand u. dgl. Materialien, welche nicht von Säuren affiziert werden. Entsprechend dem Mangel an Bitumen im Füllmaterial ist natürlich mehr Goudron anzuwenden, den man in diesem Falle aber von einem Drittel bis zur Hälfte durch Trinidad epuré ersetzt. Ein Mischungsverhältnis von etwa 60 Proz. Füllmaterial und zusammen 40 Proz. Trinidad epuré und Goudron entspricht ungefähr den Anforderungen, doch richtet sich dies Verhältnis auch nach der Natur der mineralischen Beimengung. Die Verarbeitung dieses Materials ist die gleiche wie die des gewöhnlichen Asphaltmastix.

Fig. 40

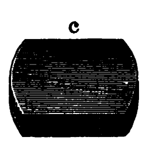
a



b



c



J. Brandt[1]) will zu dem gleichen Zweck pulverisierte Puddelschweißofen- oder Treibherdschlacke verwenden; zu Straßenpflasterungen will er dem Produkt noch granuliertes Eisen oder Gußstahl zusetzen.

A. L. Barber[2]) erzeugt einen Asphaltmastix dadurch, daß er eine Komposition von etwa 80 Tln. Trinidadasphalt mit etwa 20 Tln. Petroleumrückstand herstellt (Goudron); von diesem Goudron nimmt er 20 bis 30 Tle. auf 70 bis 80 Tle. fein verteilten, ungebrannten Kalk oder feinen Sand oder ein Gemisch der beiden. Beim Verlegen des Asphalts soll man 25 bis 60 Tle. Kies zusetzen können.

Nach Dietrich[3]) wird in den Vereinigten Staaten der Asphaltmastix

[1]) D. R.-P. Nr. 4993. — [2]) Engl. Pat. Nr. 13662, 1885; Österr.-ung. Pat., Kl. 80, vom 7. März 1886. — [3]) Die Asphaltstraßen, S. 50.

aus natürlichem Bitumen, wegen der hohen Frachtkosten des nur aus Europa zu beschaffenden bituminösen Kalksteins mit durchaus befriedigendem Resultate wie folgt hergestellt: Der gereinigte Trinidadasphalt, welchem einige Prozente der als still bottoms bezeichneten Rückstände der Petroleumdestillation beigefügt sind, wird mit einem möglichst kalkhaltigen (25 bis 50 Proz. Kalkgehalt) und möglichst feinem, gut ausgesiebtem Sand (80 Tle. auf 20 Tle. Trinidad epuré) bei 150° C eingekocht, wobei dann die für die Straßenabdeckung geeignete, keinen weiteren Kieszusatz erfordernde Gußasphaltmasse gewonnen wird. Ist der gewünschte kalkhaltige Sand nicht zu beschaffen, so mischt man auch wohl reinen kalkfreien Sand mit pulverisiertem Mergel, oder unter Verzichtleistung auf den Kalkgehalt mit fein gemahlenem Sand (säurefest) zusammen.

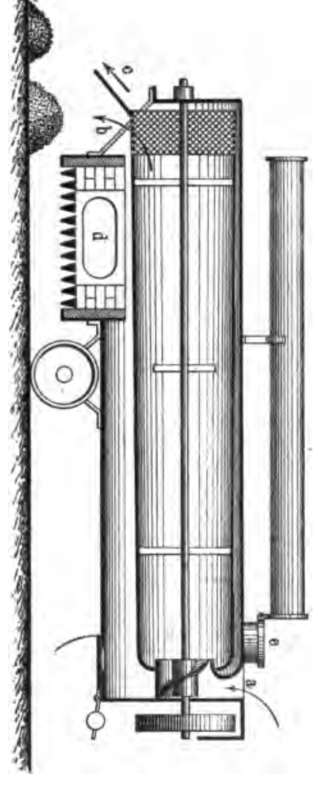


Fig. 41.

Da der flüssige Asphalt beim Zusatz von kaltem Sand sich zu stark abkühlen und unter Umständen sogar teilweise fest werden würde, muß letzterer vorgewärmt werden. Dies geschieht nach Gillmore[1]) in dem durch Fig. 41 und 42 veranschaulichten transportablen Trocken- und Sichtapparat, welcher aus zwei nebeneinander liegenden, mit gemeinschaftlicher Feuerung versehenen und durch einen Motor in Bewegung gesetzten konischen Blechzylindern von etwa 0,6 m Durchmesser bei 3,0 bis 3,5 m Länge besteht, welche an ihrem weiteren Ende in ein Sieb auslaufen. Der zu trocknende Sand wird bei *a* eingeschüttet und den beiden Zylindern durch kleine Transportschnecken zugeführt; er überstürzt sich in den rotierenden Zylindern und fällt, je nach dem Grade der Feinheit bei *b* oder *c* heraus, nachdem er durch das bei *d* unterhaltene Feuer, welches die rotierenden Zylinder umkreist und bei *e* in den Schornstein entweicht, erwärmt und getrocknet worden ist.

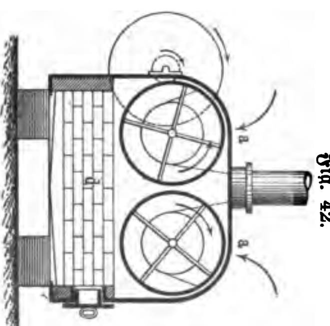


Fig. 42.

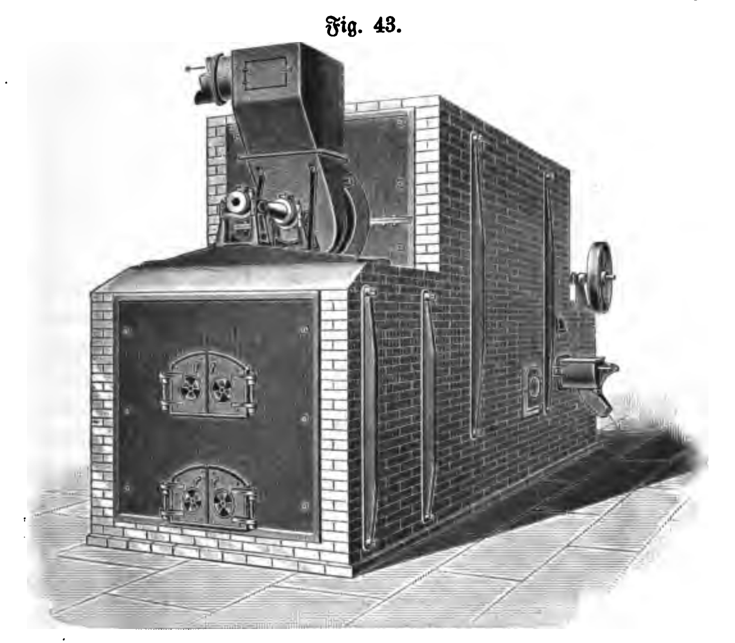
Für stationären Betrieb finden in Amerika vielfach die Cummerschen Trockner, teilweise von sehr beträchtlicher Größe, Verwendung, welche durch

[1]) A practical treatise on roads, streets and pavements. New York 1876.

Fig. 43 dargestellt werden. Natürlich läßt sich zum gleichen Zweck auch eine Darre, wie auf S. 150 dieses Werkes besprochen, verwenden, wenn der Sand entweder vor oder besser nach dem Erhitzen gesichtet wird.

Die Mischung des Sandes mit Asphalt erfolgt dann in dem gleichfalls transportablen Apparat, welcher durch die Fig. 44 und 45 (S. 176) abgebildet

Fig. 43.



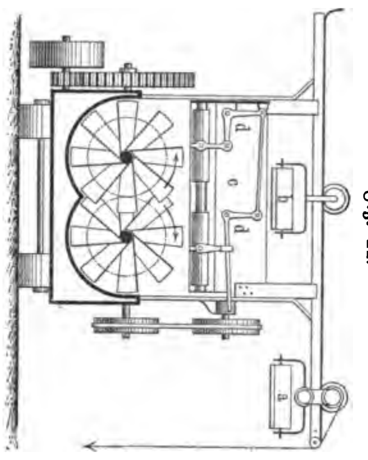
wird. Beide Bestandteile werden zunächst mit Hilfe einfacher Hebevorrichtungen *a* und *b* in den oberen Querkessel *c* gebracht und darin vorgemischt, worauf man das Gemisch durch eine vermittelst des Hebels *d* bewegte Bodenklappe in den unteren Zwillingskessel fallen läßt, in welchem zwei Rührwerke derartig gegeneinander arbeiten, daß das Mischmaterial fortwährend nach der Mitte gedrängt, gehoben und seitlich wieder nach unten befördert wird. Der Kessel besitzt eine Länge von 1,8 bis 2,5 m bei einer Breite von etwa 1,3 m.

C. Jost[1]) verarbeitet auf die gleiche Weise Petroleumrückstände mit gemahlenem Graphit und Schiefer, welchen die erforderliche Menge Asphaltmehl zugesetzt worden ist. Das an Säurebeständigkeit den gewöhnlichen Asphaltmastix wohl nicht unwesentlich übertreffende Material kann unter Zuschlag entsprechender Mengen von Füllmaterial weiter verarbeitet werden.

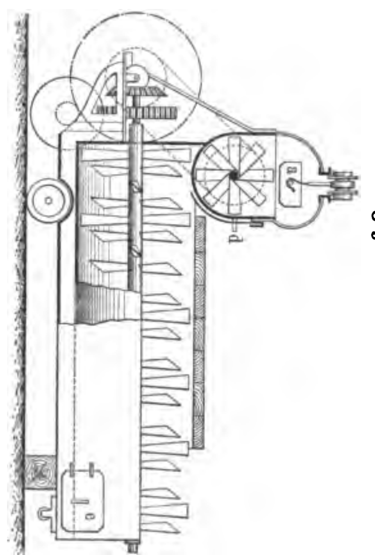
A. Wolfkel[2]) hält es für wesentlich, das zu verwendende Füllmaterial, wie Sand, Kies u. dgl., vorher in einem Reverberierofen zur Zerstörung der anhängenden organischen Substanz auf 800° F zu erhitzen, dann erkalten zu lassen, zu mahlen und zu sieben, je nach Notwendigkeit, und erst dann mit Asphalt bei 350° F zu verarbeiten.

[1]) D. R.-P. Nr. 83096. — [2]) Engl. Pat. Nr. 386 vom 6. Jan. 1902.

Einen „Hydrokarbon-Komposition" genannten Asphaltmastix stellt B. B. Clawson [1]) her aus 100 lbs. Asphalt, 300 lbs. bituminösem Gestein, 100 lbs. Uintahit (eine Art Gilsonit), 50 lbs. Sand oder dgl. und 5 lbs. Bleiglätte. Asphalt und bituminöses Gestein werden zusammengeschmolzen und in einem besonderen Kessel der Uintahit mit 20 Proz. seines Gewichts an geschmolzenem Asphalt gemischt und nach einigem Abkühlen die Bleiglätte eingerührt. Der Inhalt der beiden Kessel wird dann gemischt, erhitzt und der Sand eingerührt. Das Produkt soll härter und dabei weniger brüchig sein als Material, bei dessen Herstellung wie üblich Öle verwendet werden.


Fig. 44.

Recht abenteuerlich klingt auch, was W. S. Wilkinson [2]) zu einer Komposition für Asphaltpflaster zusammenbraut. Sein Material besteht aus gemahlenem Felsgestein oder Sand, die mit einem geeigneten Bitumen in passendem Verhältnis und außerdem mit einer geringen Menge (nicht über 3 Proz.) Kupfer (?) vermischt werden. Ein Konglomeratgestein, welches $^1/_2$ bis $1^1/_2$ Proz. natürliches Kupfer enthält und als „Kupfersand" bekannt ist, ist geeignet, zu dieser Komposition verwendet zu werden.


Fig. 45.

Eine als Mörtel oder Material zur Kunststeinfabrikation geeignete Masse erzielt Meurer [3]) durch Beimischen von Asphalt zu einer Kalksandmischung. Das Neue an dieser Zusammenstellung ist aus der Patentanmeldung nicht zu ersehen.

Unter der Bezeichnung „künstliche Lava" erzeugt die Société G. C. Fratelli-Cancellieri [4]) einen Gußasphalt für Trottoireinfassungen u. dgl., indem sie im Verhältnis von 10 : 100 Asphalt mit Schwefel mischt und erhitzt; der Mischung können mineralische Substanzen, wie Sand, Kies usw. in solcher Menge beigefügt werden, daß die Mischung in der Hitze eine noch formbare Masse bildet.

[1]) Am. Pat. Nr. 692627 vom 4. Febr. 1902. — [2]) Am. Pat. Nr. 705803 vom 29. Juli 1902. — [3]) D. R.-P.-A. Nr. 19543, 1902. — [4]) Franz. Pat. Nr. 210371 vom Jahre 1890.

Ein Verfahren von O. Pötzsch [1]) bezweckt in der Hauptsache, Gußasphalt wie Straßen- oder Dachbelag, Ausgußmittel u. dgl., gebrauchsfähiger zu machen. Nach ihm können die ungünstigen Eigenschaften des Asphalts, Sprödigkeit bei niederer, Erweichen und Fließen bei höherer Temperatur durch einen Zusatz von entleimtem Knochenmehl beseitigt werden. Die Wirkung des Knochenmehls soll darin bestehen, daß dieses sich nicht lediglich als Füllmaterial in die Asphaltmasse einlagert, sondern mit dem Asphalt eine innige Verbindung eingeht, indem beim Kochen der flüssige Asphalt an Stelle der Knorpelsubstanz in das porige und zellige Gewebe der Knochenteilchen eintritt, so daß das fertige Produkt eine von zähem Knochengewebe durchsetzte Asphaltmasse darstellt. Je größer der Zusatz an Knochenmehl, desto größer soll die Härte und Zähigkeit des Materials sein. Ein Teil des Knochenmehls läßt sich auch durch Füllstoffe aller Art ersetzen.

Schliemann u. Co. [2]) wollen Gußasphalt durch Zusammenschmelzen von reinem Bitumen und Asphaltsteinpulver dergestalt auf der Verbrauchsstelle selbst herstellen, daß sie ein Asphaltsteinpulver verwenden, welches schon während des Mahlprozesses mit einem Zusatz von hartem Bitumen versehen worden ist.

E. Dörr [3]) stellt eine Asphaltschwefeleisenlegierung dadurch her, daß er Schwefeleisen, bestehend aus 100 Tln. Eisen und 80 Tln. Schwefel mit 7 Tln. Asphalt mischt und das Gemisch durch Schmelzen zu einer homogenen Masse verarbeitet. Es soll sich zum Verdichten von Gas- und Wasserleitungsröhren, sowie zur Herstellung von Ziergußgegenständen für architektonische Zwecke eignen.

Weitere Verfahren zur Herstellung von Asphaltmastix, aber aus nicht natürlichem Bitumen, werden wir später noch kennen lernen.

Die Anwendung des Asphaltmastix und Goudrons bei Gußasphaltarbeiten.

Die Anwendung des Asphaltmastix zu Gußasphaltarbeiten erstreckt sich in gleicher Weise über das Gebiet des Hoch- wie auch des Tiefbauwesens. Hauptsächlich sind es die Herstellung von Fußwegen und Fahrstraßen, Bahnsteigen, Kais, Terrassen, Dächern, Fußböden für Fabrik- und Kellerräume, Spitäler, Stallungen, Scheunen usw., ferner das Ausgießen von Pflasterfugen, das Verlegen von Parkettfußböden, die Verdichtung von Kanalisationsröhren, die Herstellung von wasserdichten Bassins in Fabriken und Gartenanlagen, sowie auch die Abdeckung von Fundamentmauern gegen aufsteigende Feuchtigkeit usw., welche jährlich enorme Mengen von Asphaltmastix und Goudron verschlingen.

In den nachfolgenden Zeilen wollen wir nur die wichtigsten dieser Anwendungsformen einer eingehenderen Betrachtung unterziehen; es ist leicht, den Gußasphalt überall da anzuwenden, wo von seinen ausgezeichneten, bereits früher besprochenen Eigenschaften Gebrauch gemacht werden kann.

---

[1]) Nach Zirkular. — [2]) D. R.-P. Nr. 139610, 19. Nov. 1901. — [3]) D. R.-P. Nr. 33101.

1. Gußasphalt als Fußbodenbelag.

Die Ausführung dieser Arbeit kann auf jeder genügend festen und trockenen Unterlage mit ebener Oberfläche erfolgen, wie Holz- und Eisenkonstruktionen, Beton, Ziegeluntermauerung u. dgl. mehr. In der Regel verwendet man als Unterbettung eine gute Zementbetonunterlage, welche für Fußwege u. dgl. in einer Stärke von 8 bis 10, für Fahrstraßen dagegen von 15 bis 20 cm ausgeführt wird. Für die Herstellung derselben gelten die gleichen Gesichtspunkte, welche wir schon bei der Ausführung von Stampfasphaltarbeiten ausführlicher dargelegt haben. Wenn irgend angängig, vermeidet man die Verwendung von Kalkbeton, weil derselbe, um vollständig zu erhärten und auszutrocknen, viel länger Zeit in Anspruch nimmt als ein guter Zementbeton. Eine feuchte Unterlage ist aber für die Ausführung von Gußasphaltarbeiten viel verhängnisvoller als für Stampfasphaltarbeiten, weil der viel heißere Gußasphalt das Wasser als Wasserdampf aus der Unterlage austreibt, welcher, da er nicht entweichen kann, Blasen in der Schicht verursacht, welche Unebenheiten und einen raschen Verschleiß zur unausbleiblichen Folge haben. Aus dem gleichen Grunde ist auch auf eine nach Möglichkeit ebene und gleichmäßige Oberfläche der Unterbettung der größte Wert zu legen. Die dünne, flüssige Asphaltdecke schmiegt sich der Oberfläche der Unterbettung so sehr an, daß an jenen Stellen, wo die letztere stärker in die Asphaltlage hineinreicht, bald Löcher entstehen. Man gibt aus diesem Grunde der Betonoberfläche in der Regel noch eine Ausgleichungsschicht von Zementmörtel, welche natürlich auch bei der Verwendung alter, bereits abgenutzter Fußbodenlagen als Unterbettung nicht fehlen darf.

Das erste Erfordernis zur Herstellung guter und dauerhafter Gußasphaltdecken ist die Bereitung einer in jeder Hinsicht entsprechenden Gußasphaltmasse. Wir haben schon erwähnt, daß hierzu nicht ausschließlich Asphaltmastix verwendet wird, sondern daß derselbe noch einen Zuschlag von Goudron erhält, welcher einesteils dazu dient, den Mastix leichter einschmelzen zu können, und es andererseits ermöglicht, der geschmolzenen Masse noch einen beträchtlichen Prozentsatz an Kies zuzusetzen, welcher der Decke die nötige Lapidarität und Festigkeit erteilt, ohne ihre Elastizität wesentlich zu beeinträchtigen. Dieser Zusatz von Kies, von Laien vielfach als eine Verfälschung des Asphalts angesehen, ist also im Gegenteil eine der wichtigsten Vervollkommnungen der Arbeit, indem er gleich der Beimengung des groben Sandes zu einem Kalk- oder Zementmörtel dazu beiträgt, größere Festigkeit, größeren Widerstand gegen das Zerbrechen und Zerreißen als Folge der Diskontinuität des Ganzen und der allseitigen Festigkeit der Steinbrocken zu gewähren [1]).

Wir haben zunächst der Apparate zu gedenken, in welchen die Gußasphaltmasse erzeugt wird. Vielfach, namentlich bei Arbeiten auf der Straße, geschieht das Einschmelzen der Masse an Ort und Stelle selbst in sogenannten Asphaltkesseln, runden oder ovalen, nach unten etwas konisch zulaufenden, aus Eisenblech genieteten Kesseln von 0,2 bis 0,4 cbm Inhalt, in einem gleichfalls aus

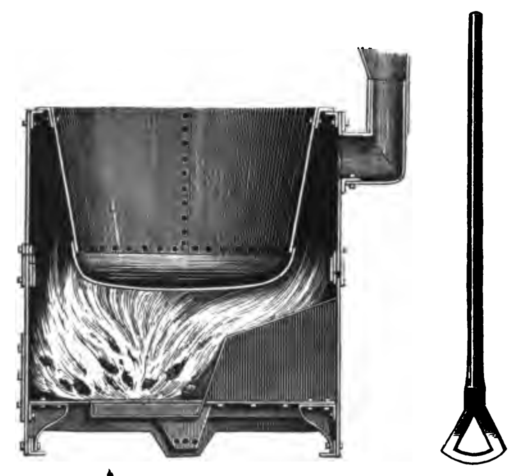
---

[1]) Meyn, Der Asphalt, S. 32.

Schmiedeeisen hergestellten, mit Feuerung versehenen Mantel sitzend, wie Fig. 46 im Durchschnitt zeigt. Wegen der starken Inanspruchnahme durch die Hitze haben diese Kessel einen Boden von 10 bis 13 mm Wandstärke. Ihr Inhalt genügt zum Legen von 12 bis 25 qm Asphaltfläche der normalen Stärke von 2 cm. Das Durchrühren der Masse geschieht vermittelst eiserner Rührstangen, deren Form aus Fig. 47 ersichtlich ist. Um ein Überhitzen der Asphaltmasse an den heißen Kesselwänden, welches sich durch Entweichen bituminöser Dämpfe bemerkbar macht, zu verhüten, wird die Heizung nicht mit Steinkohle, sondern meistens mit Holz betrieben, welches gleichzeitig auch eine längere Flamme gibt, die den Kessel nach allen Richtungen gleichmäßig umspült.

Bei umfangreicheren Arbeiten verwendet man, namentlich in Amerika, transportable, maschinelle Einrichtungen, welche durch Lokomobile betrieben werden, und wovon der auf S. 176, Fig. 44 u. 45 beschriebene Apparat von Gillmore ein Beispiel ist. Wo es aber angängig ist, z. B. bei größeren Asphaltierungen in großen Städten, wird die Asphaltmasse direkt in der Fabrik hergestellt, wozu der auf S. 171, Fig. 38 beschriebene Apparat dient, und man schafft die fertige Masse in geeigneten, heizbaren Transportvorrichtungen zum Arbeitsplatz. Auch bei Asphaltierungen innerhalb der Häuserkomplexe ist dieses wegen der Rauchbelästigung manchmal nötig.

Fig. 46. Fig. 47.



Man hat für diesen Zweck besondere eiserne Wagen mit transportablem Hebewerk konstruiert, auf welchen die aus den Asphaltschmelzkesseln gefüllten, gewöhnlichen Asphaltkessel mit geschmolzenem Asphalt transportiert werden. Eine derartige Einrichtung, wie sie von der Bleckendorfer Maschinenfabrik und Kesselschmiede gebaut wird, zeigt Fig. 48 (a. f. S.), welche ohne weiteres verständlich ist. Für denselben Zweck liefert die gleiche Firma auch einen auf Rädern ruhenden zylindrischen, heizbaren Transportkessel, der 0,5 bis 1,2 cbm Asphalt zu fassen vermag, durch Unterschieben unter den stationären Asphaltschmelzkessel (s. Fig. 38, S. 171) gefüllt, und in welchem der Gußasphalt durch ein Rührwerk während des Fahrens selbsttätig durchgearbeitet wird. Fig. 49 stellt eine Ansicht dieses Asphalttransportkarrens dar; es ist einleuchtend, daß diese Vorrichtung für den Transport der Gußasphaltmasse weit geeigneter ist als die vorher erwähnte, weil der Asphalt bei seiner Ankunft auf der Arbeitsstelle sofort verwendbar ist, während beim Transport in Kesseln ohne Rührwerk die Masse erst wieder angeheizt und tüchtig durch-

gearbeitet werden muß, bevor man zur Belegung schreiten kann. Beim Stehen an Ort und Stelle kann das Rührwerk des Kessels durch eine Kurbel mit der

Fig. 48.

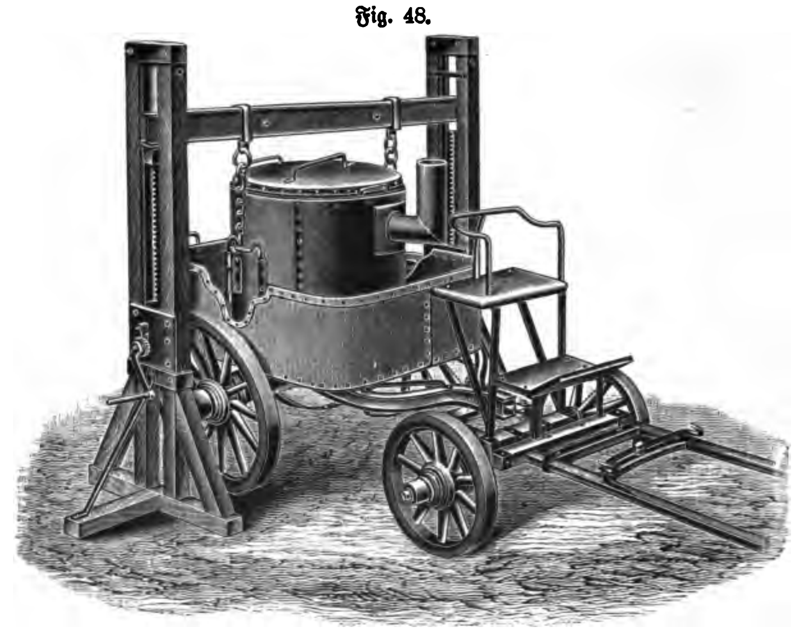


Fig. 49.



Hand bedient werden. Am hinteren Ende des Kessels befindet sich ein weiter Stutzen mit Schieber, um die Asphaltmasse in die Austrageimer ablassen zu können.

Das Mischungsverhältnis der drei Bestandteile der Gußasphaltmasse: Mastix, Goudron und Kies ist von verschiedenen Umständen abhängig. Zunächst hat man sich natürlich nach dem Bitumengehalt des verwendeten Mastix zu richten; je größer dieser ist, desto weniger Goudron wird erforderlich sein. Andererseits spielt aber die mittlere Jahrestemperatur der Gegend, in welcher die Arbeit ausgeführt werden soll, dabei eine nicht unwichtige Rolle. In südlichen Klimaten, wo die Gefahr des Aufweichens in der Sonnenhitze größer ist, beschränkt man den Zusatz an Goudron gleichfalls und gibt einen vermehrten Zuschlag von Kies aus Gründen, die weiter oben schon entwickelt worden sind, während in kälteren Klimaten ein reichlicherer Goudron- und beschränkterer Kieszusatz dem Spröde- und Brüchigwerden im Winter vorbeugen soll. Zuweilen ersetzt man auch einen Teil des Goudrons direkt durch reinen Asphalt (Trinidad epuré). Genaue Vorschriften hierüber lassen sich nicht geben; es mag aber angeführt werden, daß, während man in Deutschland den Kieszusatz auf etwa ein Drittel des Gesamtgewichts der Mischung beschränkt, man diesen im südlichen Frankreich schon bis auf 50 Proz. ansteigen läßt.

Die Compagnie Générale des Asphaltes de France gibt das Mischungsverhältnis für 1 qm Trottoirbelag von 15 mm Stärke wie folgt an:

23 bis 24 kg Mastix von Seyssel,
1,5 kg Goudron von Seyssel,
13 bis 15 kg gewaschenen, gesiebten, trockenen Sand.

Aus seinen eigenen Erfahrungen kann der Verfasser mitteilen, daß ein gutes Mischungsverhältnis für Asphaltmastix von Vorwohle das folgende ist:

25 bis 27 kg Mastix (1 Brot) 2 kg Trinidadgoudron 1/2 kg Trinidad epuré 12 Liter Kies	für 1 qm Fläche 20 mm stark.

Erwähnt sei noch, daß einzelne Fabriken, z. B. die „United Limmer- and Vorwohle Rock Asphalte Company Lim.“ (unter der Bezeichnung „Universal“) einen Mastix in den Handel bringen, der lediglich eines Kieszusatzes bei der Verlegung bedarf. Nach Dietrich[1]) sind auf je 1 cbm Gußasphaltmasse (= etwa 50 qm à 2 cm Stärke) je nach dem spezifischen Gewicht der Materialien zu rechnen:

1500 bis 1600 kg Mastix,
700 „ 800 kg Kies und
etwa 100 kg Goudron.

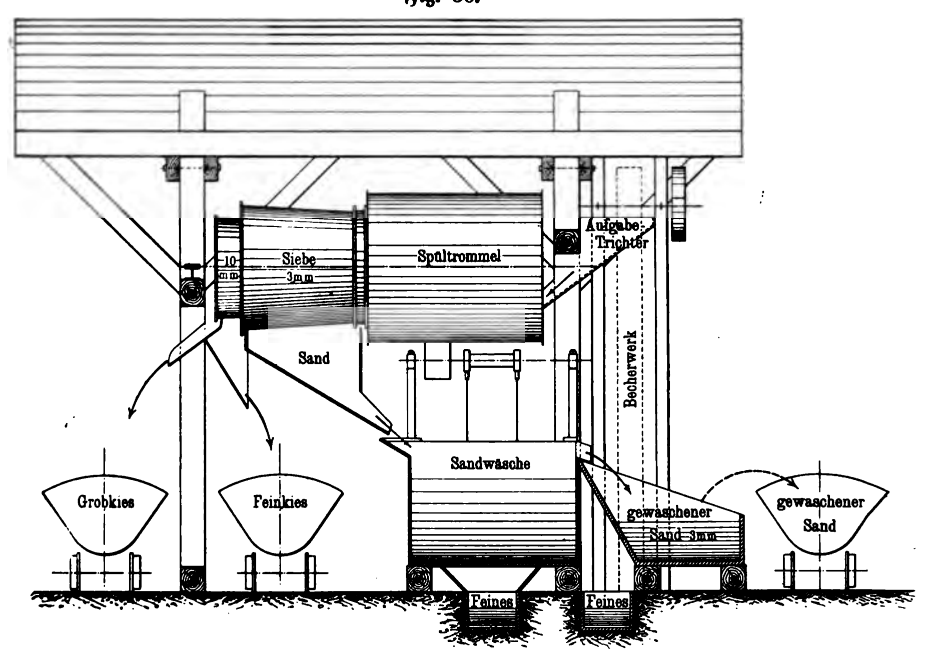
Nimmt man an, daß diese 100 kg Goudron beim Schmelzprozeß in der Masse verbleiben und sich nicht teilweise verflüchtigen, und setzt man einen mittleren Bitumengehalt des Mastix von 15 Proz. voraus, so sind in vorstehenden 1500 bis 1600 + 700 bis 800 + 100 kg Mischung nur 325 bis 340 kg Bitumen enthalten, und die drei Bestandteile, kohlensaurer Kalk, Bitumen und Kies, wie folgt, gemischt:

[1]) Die Asphaltstraßen, S. 95.

Kohlensaurer Kalk	55,4 bis	54,4 Proz.
Kies	30,4 „	32,0 „
Bitumen	14,2 „	13,6 „
	100,0	100,0

Über die Beschaffenheit des Kieses ist zu erwähnen, daß derselbe möglichst lehmfrei und von gleichmäßigem Korn (nicht über 3 bis 4 mm), absolut trocken und möglichst auf etwa 160 bis 170° erwärmt sein soll. Die ersteren Be-

Fig. 50.



dingungen sind bei aus Flußbetten gebaggertem Kies oder Sand fast immer erfüllt. Kies, welcher aus Gruben gewonnen wird, ist dagegen stets mehr oder weniger mit Lehm verunreinigt, dessen trockener Staub beim Einschmelzen einerseits eine gute Vereinigung des Kieses mit dem geschmolzenen Asphalt verhindert, und andererseits Bitumen verschluckt und daher einen größeren Zusatz an solchem erfordert. Ein derartiges Produkt sollte daher nie ohne vorausgehenden Schlämmprozeß verwendet werden. Man hat für diesen Zweck besonders Kieswäschen konstruiert, die gleichzeitig eine Separation nach Maßgabe der Größe des Korns bewerkstelligen. Fig. 50 zeigt die Anordnung einer derartigen Anlage, von der Firma M. Neuerburg in Köln a. Rhein ausgeführt, bei welcher Kies- und Sandwäsche mit der Separation vereinigt sind. Diese Anlage liefert, wie man sieht, Produkte, welche sämtlich bei der Asphaltierung verwendbar sind. Grobkies für die Betonunterlage, Feinkies und Sand für die Asphaltdecke. Die hier nur in der Konstruktion angedeutete Maschine ist ohne weitere Erklärung verständlich.

Der Prozeß des Einschmelzens der verschiedenen Materialien vollzieht sich nun in der Weise, daß man zunächst die Asphaltbrote in kleine Stücke (nicht über 8 cm Durchmesser) zerschlägt, und etwa ein Drittel des für die ganze Kesselfüllung berechneten Teils mit ungefähr der Hälfte des für einen Kessel erforderlichen Goudrons in den Asphaltkessel einträgt. Die zweite Hälfte des Goudrons behält man zurück und verfügt darüber wie folgt. Nachdem die in den Kessel eingetragene Portion Mastix und Goudron geschmolzen ist, setzt man ein weiteres Drittel des Mastix, sowie wenig Goudron zu und läßt auch diese zum Schmelzen kommen, bevor man das letzte Drittel des Mastix und so viel Goudron einträgt, daß von letzterem etwa ein Viertel der Gesamtmenge disponibel bleibt. Dies letzte Viertel Goudron dient dazu, die Gußasphaltmasse anzufetten, wenn sie sich nach dem Zusatz des Kieses oder Sandes zu trocken erweist.

Das Feuer muß sehr regelmäßig unterhalten werden, so daß die Temperatur stets über 150 und unter 170 Zentigrad beträgt.

Ist aller Mastix geschmolzen und tüchtig durcheinander gerührt, so bedeckt man die Masse mit der Hälfte des anzuwendenden Sandes oder Kieses und wartet, bevor man die Mischung bewerkstelligt, bis der Kies ein wenig erhitzt ist. Dies ist genügend der Fall, sobald er, durch sein Gewicht hinuntergezogen, in den Mastix eindringt und letzterer dadurch wieder an mehreren Punkten auf der Oberfläche sichtbar wird. Diese Vorsicht ist unbedingt notwendig, um den Sand oder Kies völlig auszutrocknen und zu erhitzen, damit die Materie nicht plötzlich abgekühlt wird. Der zweite Teil des Sandes wird auf die nämliche Weise beigefügt.

Im Augenblick der Beifügung der zweiten Partie Sand oder Kies bemerkt man leicht, ob die Materie nicht fett genug und ob es nötig ist, den zurückbehaltenen Teil Goudron noch hinzuzufügen.

Ist die Mischung vollständig, und wurde die vorgeschriebene Temperatur gut eingehalten, was in der Praxis leicht daran erkenntlich ist, daß einige auf die Oberfläche gespritzte Wassertropfen mit einem leichten Knall schnell verdunsten, oder daß der in die Masse getauchte Spachtel sich leicht herausziehen läßt, ohne daß die Materie daran hängen bleibt, so kann man zur Verlegung schreiten. Dringt der Spachtel zu schwierig ein, so muß man eine kleine Quantität Asphalt unter Umrühren beifügen; nach dem Umrühren muß stets einige Minuten gewartet werden, um der Materie Zeit zu lassen, ihre Normaltemperatur, welche durch die Zusätze und das Rühren stets sinkt, wieder anzunehmen.

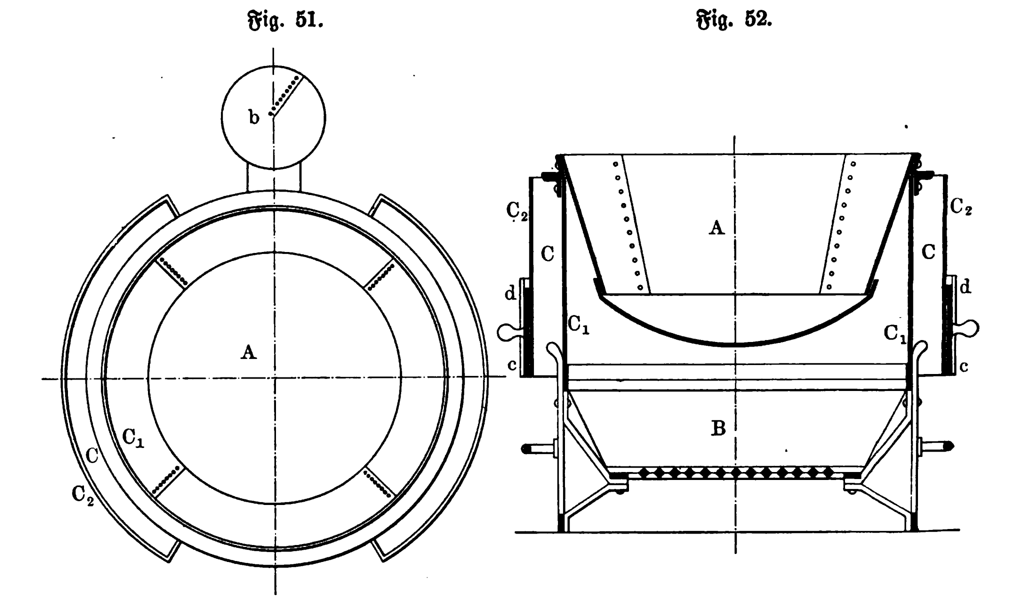
Um auch bei der Verwendung gewöhnlicher Asphaltkessel ein Vorwärmen des Kieses ohne die Aufstellung eines besonderen Apparates hier zu ermöglichen, hat Santha sich in den meisten Kulturstaaten einen solchen Kessel patentieren lassen, mit dem eine Darre kombiniert ist.

Wie aus Fig. 51 und 52 (a. f. S.) ersichtlich ist, wird die die Pfanne (A) einschließende Feuerbüchse (B) mit den Wandungen (C_1) und (C_2) umgeben, und der durch die Wandungen (C_1 C_2) gebildete Raum dient zum Vorwärmen des Kieses. Dieser Vorwärmer ist an der Vorder- und Rückseite der Feuerbüchse unterbrochen, um die Feuertüre und den Schornstein anbringen zu können.

Hierdurch ist der Vorwärmer in zwei Teile geteilt und beide Teile sind oben offen, damit das Material vermittelst des Trichters (*D*), Fig. 53 und 54, eingeschüttet werden kann. — An beiden Vorwärmeteilen sind Schieber (*c*) angeordnet zum Entleeren des Vorwärmers.

In ganz ähnlicher Weise erfolgt auch das Einschmelzen der Materialien in den schon bei der Beschreibung der Mastixfabrikation erwähnten Apparaten mit mechanischen Rührwerken. Der dort auf entsprechenden Darren vorgeheizte Kies kann natürlich ohne weiteres in die geschmolzene Masse nach und nach eingetragen und untergerührt werden, weil eine Abkühlung derselben dabei nicht zu befürchten steht. Es ist leicht verständlich, daß durch die maschinelle Arbeit ein viel gleichmäßigerer Asphaltbrei geliefert werden kann, als man einen solchen

Fig. 51. Fig. 52.



in den gewöhnlichen Asphaltkesseln herzustellen imstande ist. Ein Anbrennen der Masse kommt, trotzdem man hier ausschließlich mit Steinkohle heizt, gar nicht vor, und der mit der Bedienung betraute Arbeiter kann seine ganze Aufmerksamkeit dem Einhalten der richtigen Schmelztemperatur zuwenden. Von nicht zu unterschätzendem Vorteil ist es natürlich, wenn man in der Lage ist, die Gußasphaltmasse direkt aus Asphaltpulver, Goudron und dem nötigen Kies herzustellen, ohne den Umweg über den bereits einmal dem Schmelzprozeß unterworfenen Mastix nehmen zu müssen.

Die Herstellung der Asphaltdecke geschieht nun, ähnlich wie beim Stampfasphalt in einzelnen Streifen von etwa 1 bis $1^1/_2$ m Breite. Um eine gleichmäßige Stärke der einzelnen Streifen zu erzielen, benutzt man ein Flacheisen von der Stärke der zu verlegenden Asphaltdecke ($1^1/_2$ bis 2 cm) und einer Länge, welche der Breite des Streifens entspricht. Man beginnt mit dem Auftragen des Asphalts

an einer Anschlußstelle, bei Trottoirs z. B. bei der schon bestehenden Asphaltlage, indem man von den Umfassungsmauern der Häuserreihen nach dem Rinnstein zu arbeitet und das Flacheisen dabei in gleicher Richtung so weit von der Anschlußstelle entfernt auflegt, als man den einzelnen Streifen Breite geben will. Mit Hilfe eines Richtscheits, welches einerseits auf der bestehenden Asphaltlage und andererseits auf dem erwähnten Flacheisen aufgesetzt wird, kann man die Regelmäßigkeit der Arbeit fortwährend prüfen.

Das Aufgießen der Gußasphaltmasse auf die Unterlage erfolgt bei kleineren Arbeiten vermittelst sogen. Austraglöffel (s. Fig. 55), oder bei umfangreicheren Asphaltierungen mit Austrageimern, deren Konstruktion aus Fig. 56 ersichtlich ist. Von der größten Wichtigkeit ist es, die flüssige Asphaltmasse zuerst auf diejenigen Stellen zu gießen, mit denen sich der Asphalt verbinden soll, also die nächste Anschlußlage, und dadurch dieselbe soweit anzuwärmen, daß der Asphalt erweicht und sich mit der folgenden Lage innig und fugenlos verbindet. Die vor der Arbeit von diesen Stellen wieder abzunehmende, teilweise oder ganz erstarrte Masse kann später im Asphaltkessel wieder eingeschmolzen werden.

Bis zu einem gewissen Grade läuft die Gußasphaltmasse beim Ausgießen von selber breit und schmiegt sich dabei allen Unebenheiten der Unterlage gut

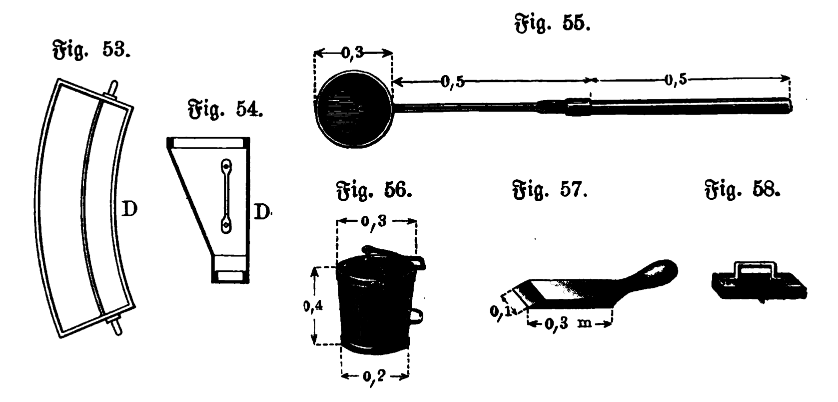


Fig. 53. Fig. 54. Fig. 55. Fig. 56. Fig. 57. Fig. 58.

an. Es ist aber für den Bestand einer Gußasphaltdecke von größter Bedeutung, daß das Ausbreiten der Masse mit einem gewissen Druck geschieht, um poröse Stellen zu vermeiden und Gas- oder Luftblasen aus derselben zu entfernen. Der zu diesem Zweck dienende Spachtel (Fig. 57), der vor dem Gebrauch zweckmäßig angewärmt oder mit Paraffinöl abgerieben worden ist, wird deshalb von dem Arbeiter nur mit der rechten Hand am Stiel gefaßt, während er mit der linken Hand denselben auf der breiten Fläche auf die Masse niederdrückt. Die teigförmige Asphaltmasse läßt sich auf diese Weise leicht seitlich verschieben und unter Zuhilfenahme des Richtscheits ganz gleichmäßig ausbreiten.

Natürlich haben die schwereren Mineralbestandteile, wie Sand und Kies, das Bestreben, in dem verflüssigten Bitumen unterzusinken, so daß dieses an die Oberfläche tritt, weshalb die ausgebreitete Schicht eine glänzend schwarze Oberfläche zeigt. Wir haben bereits an anderer Stelle erwähnt, daß eine der-

artige Oberfläche, den Sonnenstrahlen ausgesetzt, begierig Wärme absorbiert und erweicht, eine Möglichkeit, die bei jeder Asphaltlage streng zu vermeiden ist. Auch ist es nicht gut möglich, mit dem einfachen Spachtel eine Fläche von genügend glatter Oberfläche zu streichen. Man bestreut daher die Oberfläche unmittelbar nach dem Verstrich, solange sie also noch genügend bearbeitungsfähig ist, mit ganz trockenem und gleichmäßig feinem Sand, den man mit Hilfe eines Reibebretts (Fig. 58 a. v. S.) in die weiche Masse unter leichtem Druck einreibt, und dieser dabei gleichzeitig, ähnlich wie beim Verputz des Mauerwerks mit Mörtel, eine ganz ebene Fläche verleiht.

Fig. 59.



Das Versanden ist im allgemeinen, und zwar mit Unrecht, nur auf ein Sandstreuen auf die Oberfläche des Aufgusses beschränkt. Diese Operation hat aber nicht allein, wie dies vielseitig geglaubt wird, den Zweck, die Asphaltfläche rauh und uneben zu machen, sondern auch der Mastixschicht den Mischsand wieder beizufügen, welcher infolge seiner Schwere auf den Grund gesunken ist, während der Mastix auf die Oberfläche stieg. Das Versanden soll also dazu dienen, den Mastix zu sättigen, da andernfalls der obere Teil der Schicht an der Sonne erweichen und sich schneller abnützen würde. Um diese Sättigung zu fördern, muß der Arbeiter deshalb eine genügende Menge Sand streuen und für eine gewisse Zeit tüchtig reiben, immer dafür Sorge tragend, dieses Reiben in recht gleichförmiger Weise zu bewerkstelligen, um Unebenheiten zu vermeiden.

Die anfänglich glatte und mehr oder weniger glänzend schwarze Oberfläche der Asphaltlage wird durch diese Behandlung rauh und nimmt eine mattgraue Farbe an. Hat man in dieser Weise einen Streifen gelegt, so schiebt man das Flacheisen entsprechend weit zurück, um in gleicher Weise mit dem nächsten Streifen zu verfahren, und so fort, bis die ganze Fläche belegt ist. Fig. 59 zeigt die Arbeit der Verlegung des Gußasphalts nach einem Holzschnitt aus dem Katalog der Compagnie Générale des Asphaltes de France, dem auch vorstehende Angaben zum Teil entnommen sind.

Von Wichtigkeit, namentlich bei der Abdeckung von Dächern, Veranden, Brücken usw., ist auch ein guter Anschluß der Asphaltlage an das Mauerwerk. Der Gußasphalt besitzt zwar die vorzügliche Eigenschaft, beim Erkalten sein Volum nicht zu verringern, nicht zu schwinden, wie der technische Ausdruck lautet, aber es ist unter allen Umständen zu empfehlen, für die genannten Zwecke ihm einen guten Verband mit dem umgebenden Mauerwerk zu sichern. Man erreicht dies auf einfache und leichte Weise dadurch, daß man den Verputz des Mauerwerks so viel als nötig entfernt, die Fugen in Höhe der Asphaltlage auf 1 bis 2 cm öffnet und die Gußasphaltmasse in dieselben hineinarbeitet. Nach Fertigstellung der Asphaltarbeit wird dann der abgenommene Verputz wieder ergänzt und dadurch eine vollkommene Abdichtung erzielt.

In gleicher Weise, wie hier besprochen, geschieht die Pflasterung von Innenräumen aller Art; die Fig. 60 und 61 geben Beispiele nach den Ausführungen der Compagnie Générale des Asphaltes de France.

Bei horizontal liegenden Straßen mit leichterem Fuhrverkehr wendet man zuweilen den Gußasphalt auch zum Pflastern der Fahrdämme an. Während

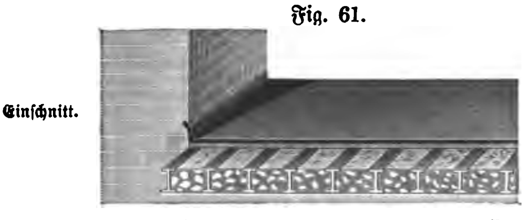
Fig. 60.



Muster eines Troittoirs.

man aber den Asphaltbelag bei Fußwegen usw. in der Regel nur 1,5 bis 2 cm stark ausführt, muß man den Fahrdämmen schon 4 bis 6 cm Stärke geben. Infolge der dickbreiigen Beschaffenheit der Masse bietet es aber technische Schwierigkeiten, Lagen von größerer Stärke als höchstens 3 cm auf einmal zu legen. Für Fahrstraßen wird daher die Pflasterung in zwei Lagen ausgeführt,

Fig. 61.

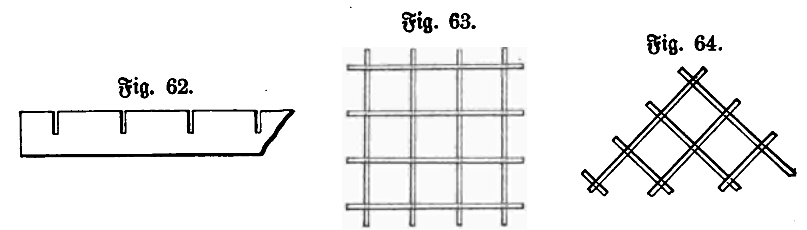


Muster einer mit Asphalt bedeckten Terrasse.

von denen natürlich nur die obere feiner bearbeitet wird, während die untere bisweilen nur eine Art Asphaltbeton (Mischung von Mastix mit grobem Kies) vorstellt. Die Deckschicht muß härter eingekocht werden, als bei der Asphaltierung von Fußwegen, damit sie in der heißen Jahreszeit den Eindrücken der Räder von schwerem Fuhrwerk besser zu widerstehen vermag.

Eine Verbesserung des Gußasphaltpflasters für Fahrdämme, namentlich

in bezug auf Haltbarkeit und Rauhheit der Oberfläche, suchte Davison[1]) durch Einbettung von eisernen Rahmen in die Asphaltdecke zu erzielen. Dieses „**Davisons Patent Iron and Asphalte Pavement**" wurde hergestellt, indem auf die Unterbettung zunächst eine 1,3 cm starke Lage von Gußasphalt verstrichen wurde, und so lange dieselbe noch heiß und flüssig war, durchbrochene eiserne Rahmen eingedrückt, deren Zwischenräume dann mit Mastix ausgegossen wurden. Diese gitterartigen Rahmen hatten eine Dimension von 0,50 bei 0,25 m und eine Höhe von 5 cm. Nach Dietrich teilte die Konstruktion indessen mit dem gewöhnlichen Kopfsteinstraßenpflaster den Fehler, daß die Reinigung desselben erschwert war und das Wasser zwischen den einzelnen Rippen


Fig. 62. Fig. 63. Fig. 64.

stehen blieb. Dieser Mißstand in Verbindung mit einem lästigen, klappernden Geräusch der Fuhrwerke auf den vorspringenden Eisenrippen war so erheblich größer als der Vorteil, daß die Pferde unter Umständen etwas sicherer darauf liefen, daß die Konstruktion sich nicht einzuführen vermochte.

Ähnlich scheint es auch mit Ch. Claussens[2]) Asphaltpflaster mit schmiedeeisernen Rippenkörpern sich zu verhalten, das im wesentlichen nichts anders ist, als eine Verbesserung der Davisonschen Konstruktion.

Der Rippenkörper wird aus schmiedeeisernen Lamellen (Fig. 62) hergestellt, die im allgemeinen ein Kaliber von 40 × 4 mm besitzen. An besonders stark in Anspruch genommenen Stellen der Fahrbahn erhalten diese Lamellen eine Dicke bis 16 mm. Die Herstellung der Rippenkörper geschieht in der Weise, daß die Flacheisenstäbe in einer gleichmäßigen Entfernung von 6 cm von der Breite gleich der Dicke des Eisens und bis zur Mitte desselben, also 20 mm tief eingeschnitten werden.

Die Entfernung der Einschnitte beträgt somit 6 cm. Vom jeweiligen Ende der Lamellen ist der Einschnitt indessen nur 3 cm entfernt. Jede Lamelle enthält sechs Einschnitte und ist 35 cm lang. Je sechs und sechs Lamellen werden nun so übereinander gelegt, daß sie sich überschneiden, wodurch sie derartig zusammenhalten, daß sie nicht weiter miteinander befestigt zu werden brauchen und einen Rippenkörper bilden (Fig. 63). Außer diesen ganzen werden noch halbe und dreieckige Rippenkörper gebildet, wie sie zu Biegungen und an den Kanten erforderlich sind (Fig. 64).

Die Herstellung des Asphaltpflasters geschieht in der Weise, daß auf die Betonschicht eine Schicht von Gußasphalt von 20 mm Stärke aufgebracht wird. Ehe dieselbe erhärtet ist, werden die heiß gemachten Rippenkörper so hinein-

[1]) Vgl. Dietrich, Die Asphaltstraßen, S. 139. — [2]) D. R.-P. Nr. 58087.

gedrückt, daß die Lamellen diagonal zur Straßenrichtung liegen. Hierdurch wird es erforderlich, daß an allen in der Längs- oder Querrichtung durchschneidenden Linien, wie Kantstein, Pferdebahnschienen usw. zunächst die vorerwähnten halben Rippenkörper eingelegt werden und zwar werden auch hier Rippenkörper mit stärkeren Lamellen, besonders neben den Pferdebahnschienen, verwendet.

Nachdem die heißen Rippenkörper richtig hingelegt worden sind, werden sie mit heißen eisernen Klötzen bis auf die Betonunterlage eingedrückt. Sowie dieses geschehen, werden sofort von oben die Maschen mit Asphalt gänzlich vollgefüllt und dann mit heißen Walzen die Oberfläche derartig geebnet, daß Asphalt und Eisen miteinander bündig sind.

Die einzelnen Rippenkörper bilden an allen vier Außenseiten natürlich nur halbe, offene Maschen, die beim Zusammentreffen von zwei Rippenkörpern erst eine ganze Masche darstellen. Zwischen je zwei Rippenkörper wird nun beim Einlegen ein Pappenstreifen von 3 cm Breite gelegt, wodurch der bedeutende Vorteil erwächst, daß ein jeder Rippenkörper leicht, ohne den Asphalt zu zerstören, herausgenommen werden kann.

Fig. 65.

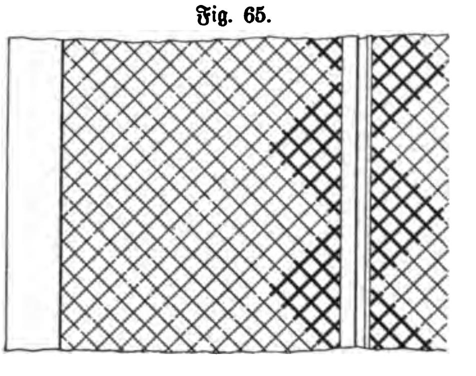


Fig. 65 stellt den vollständigen Grundriß eines solchen Pflasters dar.

In ähnlicher Weise wie aus Stampfasphalt stellt man auch aus Gußasphalt fertige Platten her, deren Anwendung sich besonders da empfiehlt, wo ein Kochen der Gußasphaltmasse an Ort und Stelle nicht leicht möglich ist. Schon seit langer Zeit fabriziert die Compagnie Générale des Asphaltes de France derartige Platten aus gegossenem Asphalt im Format 0,3 × 0,6 m und in einer Stärke von 1,5 bis 5 cm, mit glatter oder auch geriffelter Oberfläche durch einfaches Eingießen und Einpressen der Gußasphaltmasse in entsprechende eiserne Formen; sie war auch die erste, die derartige Platten auf den Markt brachte.

Dieselben werden derartig eine neben die andere gelegt, daß sich ihre untersten Kanten berühren, damit dieselben vollständig wagerecht und ohne jede Lücke auf dem Boden aufliegen.

Um diese wagerechte Lage vollkommen zu sichern, genügt es, die Platten leicht zu erwärmen, indem man sie bei schönem Wetter einfach der Sonne aussetzt, oder einige Minuten lang in ein hinreichend großes mit Wasser gefülltes, auf einem Herde stehendes Becken legt; die auf diese Weise erweichte Platte nimmt genau die Gestalt des Bodens an, auf welchen sie gelegt wird. Das Auflegen beginnt beim Eingang des zu belegenden Lokals, und man kontrolliert bei Fortsetzung der Arbeit das Niveau der bereits gelegten Platten öfters vermittelst eines geraden Lineals.

Ist der zu belegende Raum von unregelmäßiger Form oder hat derselbe, obschon viereckig, nicht die erforderliche Dimension, eine geschlossene Anzahl Platten aufzunehmen, so ist man genötigt, zur Teilung derselben zu schreiten, was folgendermaßen geschieht:

Man zieht auf die Platte, bevor man sie erwärmt, mit einem Lineal und einem Stift die Linie, nach welcher sie zerschnitten werden soll, wartet alsdann, bis die Erweichung der Masse stattgefunden hat und durchschneidet dieselbe mit einer einfachen Maurerkelle oder irgend einem anderen scharfen Werkzeuge. War der ausgeübte Druck nicht hinreichend, um die Platte in ihrer ganzen Dicke zu durchschneiden, so legt man dieselbe längs des gemachten Striches über ein Lineal und vermittelst eines Druckes auf den nicht aufliegenden Teil bricht die Platte ganz regelmäßig, wie eine mit dem Diamant geritzte Glasscheibe.

Befinden sich sämtliche Platten an ihrem Platz, so versichert man sich, ob die Ränder derselben sich gegenseitig nicht übersteigen und schreitet alsdann zur Zusammenlötung vermittelst des Mastix, welcher jeder Sendung beigefügt ist

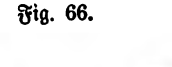
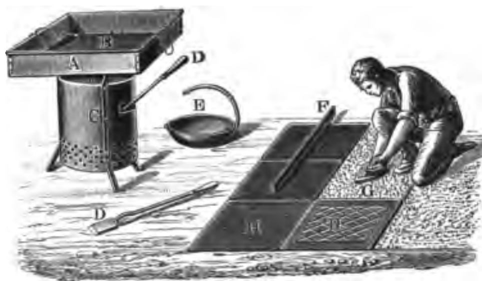


Fig. 66.



A Becken. *B* Auf ein hölzernes Brett gelegte Asphaltplatte, um dieselbe im warmen Wasser zu erweichen. *C* Ofen. *D* Fugeisen. *E* Schnabelförmiger Löffel, zum Schmelzen und Aufgießen des Fugenmastix. *F* Hölzernes Lineal. *G* Bodenbereitung und Beton. *H* Ebene oder kannelierte Platten.

und aus einer Mischung von Asphaltmastix in Broten und etwas Bitumen besteht. Dieser Mastix wird in dem Gießlöffel in kleine Stücke zerstoßen und zum Schmelzen aufs Feuer gestellt, gerade wie die Bleigießer ihr Lötblei zerschmelzen lassen.

Sobald die Materie teigartig geworden, nimmt man eine kleine Quantität derselben auf einen hölzernen Spachtel und bringt sie in die Fuge, welche vor dem Eingießen sorgfältig gereinigt werden muß, da sogar der etwa vom Schuhwerk hinterlassene Staub hinreichend wäre, die Lötung zu verhindern.

Beim Plattenlegen in Wohnhäusern bringt man eine dem Auge sehr wohlgefällige Wirkung dadurch hervor, daß man die Asphaltplatten mit einer Schicht schnell trocknender Ölfarbe bestreicht, die auf dieser Materie einen bedeutend schöneren Glanz annimmt als auf gebrannter Erde.

Fig. 66 zeigt, wie diese Platten auf die Unterbettung, welche natürlich entsprechend der schon früher entwickelten Grundsätze hergestellt sein muß, zu verlegen sind.

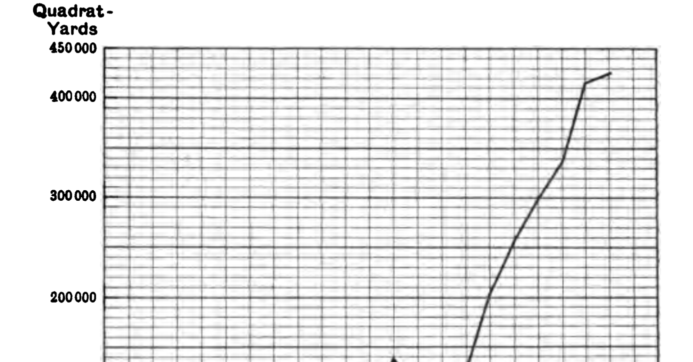
Zabig und Neuberg[1]) stellen Platten aus Gußasphalt her, indem sie erwärmte Ziegelsteine, Quarz oder Schotter in gußeiserne Formen einpacken

[1]) D. R.-P. Nr. 5678.

und die Zwischenräume mit flüssigem Trinidadasphalt ausgießen. Sie geben den Steinen eine Decklage von feinem Kies mit Mastix, erzeugen also im wesentlichen eine Vereinigung der Gußasphaltdecke mit Asphaltbeton. Die Verlegung der Platten erfolgt in ähnlicher Weise, wie die der aus reinem Gußasphalt angefertigten, indem die Fugen nach dem Verlegen mit einem Asphaltkitt ausgegossen werden.

Hobin[1]) stellt künstliche Pflastersteine aus Asphalt her, indem er Mastix unter Zusatz von Eisenhammerschlag oder Trinidad epuré mit gemahlenem Kalkstein verschmilzt und den Brei in Formen einem Druck bis 5000 **kg** per Stein aussetzt. Derartige Steine sind in den Städten Nordamerikas teilweise eingeführt; sie sind in einer Länge von 30 cm bei einer Breite von 10 und

Fig. 67.



einer Höhe von 13 cm hergestellt, werden in einer Sandschicht auf Betonunterlage verlegt, haben sich aber anfänglich schlecht bewährt. Mit der Zeit aber hat man es verstanden, aus den Fehlern und Irrtümern der ersten bescheidenen Anfänge die richtige Lehre zu ziehen, so daß sich das „Asphaltblockpflaster“ in den Vereinigten Staaten zwar erst recht langsam, später aber in beschleunigter Bewegung Bahn gebrochen hat und seinen Zweck vollkommen erfüllt. Nach einem Prospekt der Hastings Pavement Company in Hastings, N. Y., dem auch die folgenden Angaben über diese Pflasterart entnommen sind, zeigt das nachstehende Diagramm (Fig. 67) die Fortschritte, welche in der Anwendung desselben in der verhältnismäßig kurzen Zeit von etwa 20 Jahren gemacht worden sind.

[1]) Vgl. Dietrich, Die Asphaltstraßen, S. 138.

Die Fabrikation von Asphaltblocks aus zerkleinertem Gestein und Trinidadasphalt wurde 1869 zu San Franzisko in rohester Form aufgenommen, indem man anfänglich das in unvollkommener Weise präparierte Asphaltgemisch durch Menschenkraft in Formen preßte, in denen man es erkalten ließ. Die Resultate waren schlechte in jeder Beziehung, aber sie ermutigten doch zu weiteren Versuchen, bis endlich um 1880 die Erfindung einer starken, mechanischen Presse und größere Erfahrung in der Herstellung der Asphaltmischung das Material auf die Höhe der Zeit brachte.' Von da ab wurde die Fabrikation immer mehr vervollkommnet; eine Presse verdrängte die andere und auch die Verfahren in der Herstellung der Asphaltmischung erfuhren mancherlei Verbesserungen. So wurde die alte Methode der Raffinierung des Asphalts über freiem Feuer mit ihrer fortwährenden Feuersgefahr und den unvermeidlichen Verlusten an Bitumen durch Überhitzung verlassen und diese Arbeit in mit überhitztem Dampf von konstanter Temperatur geheizten Apparaten vorgenommen. Den größten Fortschritt bedeutete aber die Verwendung von zerkleinertem „trap rock“ (Basalt) an Stelle des Kalksteins, welcher seither das Gerippe der Blocks zu bilden hatte. Kalkstein hat sich häufig als zu weich erwiesen, um einem starken Verschleiß und gewissen klimatischen Einflüssen Widerstand zu leisten und auch der Wirkung der auf den Straßen sich ansammelnden Flüssigkeiten auf die Dauer zu widerstehen.

Das Mischungsverhältnis der Rohmaterialien, wie es heute in den Fabriken der genannten Firma eingehalten wird, ist folgendes:

Asphaltzement	8	bis	12	Proz.
Zerkleinerter „trap rock“	86	„	77	„
Pulverisierter Kalkstein	6	„	11	„

Der „Asphaltzement“ soll zusammengesetzt sein aus mit Dampf raffiniertem Trinidad „See“ = oder einem diesem gleichwertigen Asphalt und schwerem Petroleumöl oder einem in seinem Verhalten ähnlichen Produkt in solchem Verhältnis, daß ein Goudron von der richtigen Konsistenz und Qualität entsteht. Das Petroleumöl soll frei sein von Verunreinigungen und eine spezifische Schwere von 18 bis 22° Bé bei einem Entflammungspunkt von 350° F (= 176° C) besitzen. Es soll keinen merklichen Gehalt an leichten Ölen oder Stoffen, die unter 250° F (= 121° C) sieden, aufweisen, und das Destillat bei 400° F (= 222° C) soll nach 30stündiger Destillationsdauer weniger als 10 Proz. betragen. Jedes andere mineralische Öl, welches diesen Anforderungen (mit Ausnahme des spezifischen Gewichts) entspricht, kann als Ersatz für das Petroleumprodukt dienen.

Die Herstellung der Asphaltblocks erfolgt in der Weise, daß der Asphalt mit dem nötigen Zusatz an Petroleumöl in der Wärme verarbeitet und dann der passende Prozentsatz an gemahlenem Kalkstein und zerkleinertem trap rock mit mechanischen Rührwerken bei einer Temperatur von etwa 300° F (= 167° C) eingearbeitet wird. Bei dieser Temperatur wird auch die fertige Masse in der Presse der Wirkung eines Drucks von 120 Tons ausgesetzt; darauf werden die Platten durch Wasser stufenweise abgekühlt, worauf sie sofort zum Gebrauch

fertig sind. Eine besondere Sorgfalt wird auf die genaue Einhaltung der Mischungsgewichte der Materialien, der Temperaturen und des Drucks verwendet, und es ist nur auf diese Weise möglich, ein Material zu erzielen, welches, absolut gleichmäßig im Äußern, auch auf der Straße sich ganz genau gleich verhält.

Die Blocks werden in der Regel in zwei verschiedenen Größen (5 × 12 Zoll und 4 × 12″) bei 3″ Stärke, aber auch in jeder beliebigen anderen Form hergestellt. Das Gewicht derselben beträgt 16,5 bzw. 13,5 lbs. und ein Kubik-

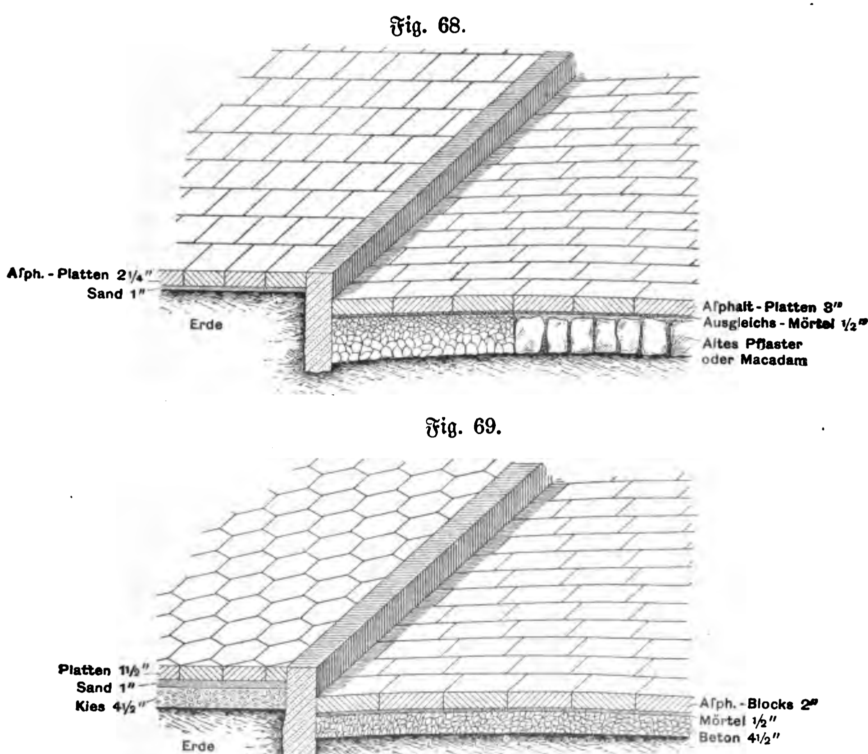


Fig. 68.

Fig. 69.

fuß des komprimierten Asphaltgemischs wiegt 165 lbs. oder etwa 80 Proz. vom Gewicht des kompakten trap rock. Für Trottoirs werden die Platten entweder in quadratischer oder hexagonaler Form und in der Regel nur in einer Stärke von $1^1/_2$ bis $2^1/_4$ Zoll hergestellt. Sie können entweder auf vorhandenes altes Steinpflaster (mit einer Ausgleichschicht von Mörtel) oder auf Makadam (Fig. 68) oder auch auf eine Betonunterlage von $4^1/_2$ Zoll Stärke verlegt werden (Fig. 69), wie dies aus den Zeichnungen ohne weiteres ersichtlich ist.

In ähnlicher Weise wie die Asphaltierung von Fußbodenbelägen aller Art geschieht auch die Abdeckung von Fundamentmauern gegen aufsteigende

Feuchtigkeit. Die Oberschicht wird hier in der Regel nur etwa 1 cm stark ausgeführt und, da an dieselben hohe Anforderungen in bezug auf Elastizität und Nachgiebigkeit bei vorkommenden Senkungen des Mauerwerks gestellt werden, verwendet man zur Herstellung dieser Schicht lediglich Asphaltmastix und Goudron und unterläßt jeglichen Zusatz von Sand oder Kies. Die Asphaltisolierschicht wird in der Regel wenige Steinschichten über dem Erdboden gelegt, und es ist nötig, daß das Mauerwerk bereits abgebunden hat, oder oberflächlich gut ausgetrocknet ist. Die Schicht wird lediglich mit dem Spachtel glatt gestrichen; ein Glätten durch Abreiben mit Sand kann eher schädlich als nützlich sein. Hin und wieder findet ein Bestreuen derselben mit Kies statt, den man einwalzt, um dem Mauerwerk besseren Verband zu geben, doch ist diese Vorsicht durchaus nicht nötig.

Fig. 70.

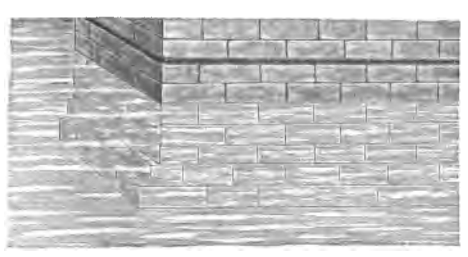


Fig. 71.

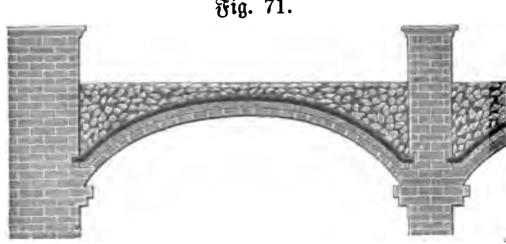
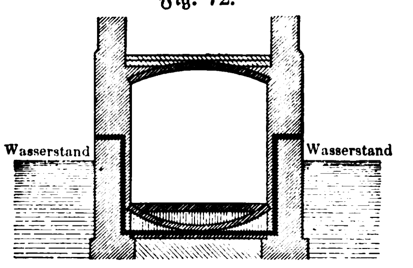


Fig. 72.



Seit Einführung der sogenannten „Asphaltisolierplatten" (eine Kombination von Asphalt mit Filz oder Dachpappe) in die Bauindustrie, welche für jede Mauerbreite zugeschnitten geliefert werden, geht die Verwendung des Gußasphalts für diesen Zweck mehr und mehr zurück.

Besondere Erwähnung verdient hier noch die Ausführung der Isolierung an senkrechten Flächen; diese müssen natürlich im Augenblick der Ausführung der Arbeit vollkommen trocken, frei von Staub und sogen. Mauersalpeter und mit einem rauhen Bewurf von Zementmörtel versehen sein. Der Überzug, zu dem man gleichfalls nur eine Mischung von Asphaltmastix mit Goudron (auf 100 kg Mastix etwa 12 bis 18 kg Goudron), die bei 170 bis 200° geschmolzen worden ist, anwendet, kann in zwei Schichten erfolgen, indem man der Masse für den ersten Anstrich noch so viel Goudron zusetzt, daß sie sich mit dem Pinsel noch verstreichen läßt, und die zweite Schicht in obiger Mischung mit dem Spachtel aufstreicht und eventuell mit Sand durch das Reibebrett abreibt.

Häufig geschieht dies auch in nur einer Schicht, allerdings nur durch sehr geübte Arbeiter, auf die folgende Weise:

Der mit dieser Arbeit Betraute trägt die Masse von unten nach oben vermittelst eines leichten Spachtels auf. Der Gehilfe bringt dieselbe auf den Spachtel und der Arbeiter trägt sie auf, indem er langsam von unten aufwärts geht und Sorge trägt, auf diejenigen Stellen zurückzukommen, die den Anstrich nicht sogleich festhielten, und zu reiben und zu glätten fortfährt, bis der Asphalt durch Erkaltung fest ist. Die aufeinander folgend hergestellten Teile müssen sich in warmem Zustande vollständig miteinander verbinden und dürfen keine Spur von Fuge oder Spalte darbieten.

Auf die gleiche Weise werden auch wasserdichte Bassins und Zisternen für Springbrunnen und zu technischem Gebrauch mit einem Verputz aus Asphaltmörtel hergestellt, Gewölbebogen von Brücken, Kasematten, Kellereien usw. abgedeckt oder durch Druckwasser benachteiligte unterirdische Räume, wie Keller, Silos u. dgl. trocken gelegt. Beispiele für derartige Arbeiten geben die Fig. 70 bis 72.

Weitere Anwendung finden Goudron und Mastix (Gußasphalt) auch bei der Verlegung von sogen. Stabfußböden (Parkett) und zwar auch hier ohne Beimischung von Kies, besonders wenn es sich darum handelt, die mit Nut und Feder versehenen Stäbchen direkt in die geschmolzene Asphaltmasse einzubetten. Dieses Verfahren, welches einen außerordentlich elastischen, zugleich geräuschlosen und für Schall undurchlässigen Fußboden liefert, wird besonders in der letzten Zeit häufig ausgeführt und ist sicher auch dem gleichzeitig gebräuchlichen Verfahren vorzuziehen, bei welchem die Verlegung der Stäbchen auf mit Gußasphalt (welcher natürlich Kies enthalten kann) befestigten hölzernen Unterlagen geschieht. Fig. 73 zeigt eine Ausführungsform nach dem Prospekt der Compagnie Générale des Asphaltes de France.

Fig. 73.



Gußasphalt ist ferner ein ausgezeichnetes Mittel zum Verdichten von Fugen aller Art, um dieselben für Flüssigkeiten undurchlässig zu machen, sowie die zu verkittenden Stellen gleich einem Zement zu festigen. Die weitgehendste Anwendung findet der Gußasphalt zu diesem Zweck bei der Ausführung von Holz- und Steinpflaster, sowie Kanalisationen, wo er dazu dient, die Fugen zwischen den einzelnen Pflasterklötzen auszugießen oder die Muffen der Tonrohrkanäle zu verdichten. Vor dem Zement hat er zu diesem Zweck den großen Vorzug der Elastizität und der Widerstandsfähigkeit gegen den Einfluß der Feuchtigkeit sowie ätzender Flüssigkeiten und Gasen. Verwendet wird der Gußasphalt für diese Zwecke in solcher Konsistenz, daß er sich in geschmolzenem Zustand leicht in die Fugen oder Muffen eingießen läßt und dabei auch noch die kleinen Hohlräume gleichmäßig ausfüllt. Für Straßenpflaster dürfte eine Mischung von gleichen Teilen Asphaltmastix und Goudron, für Tonröhren ein

13*

Verhältnis von einem Teil Mastix auf zwei Teile Goudron ein passendes Material liefern.

Das Einschmelzen desselben erfolgt in den bekannten Asphaltkesseln (s. Fig. 46, S. 179) unter den erwähnten Vorsichtsmaßregeln, wobei aber durch noch häufigeres Umrühren der geschmolzenen Masse dafür zu sorgen ist, daß die mineralischen Bestandteile des Asphaltmastix in dem dünnflüssigen Guß nicht zu Boden sinken. Zum Umrühren verwendet man zweckmäßig ein gelochtes, eisernes Rührscheit von spatenartiger Form, wie Fig. 75; aus dem Kessel wird die flüssige Masse mit eisernen Schöpfern (Fig. 74) in die Gießeimer und Gießkannen (Fig. 76 bis 78) gebracht und aus diesen in die Fugen


Fig. 74. Fig. 75. Fig. 76. Fig. 77. Fig. 78.

eingegossen. Die mit langer Zotte versehenen Gießkannen und Gießeimer besitzen an ihrer hinteren Seite, nahe dem Boden, noch einen zweiten Handgriff, um die erstere bequem über die zu vergießende Fuge neigen zu können.

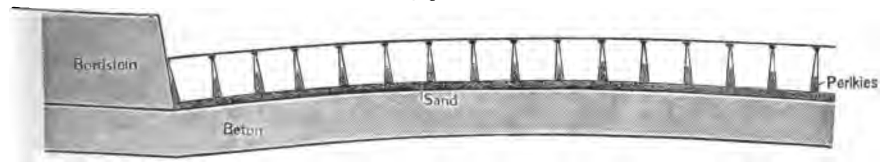
Was zunächst die Ausführung des Vergießens der Fugen von Straßenpflaster anlangt, so ist dies eine sehr einfache Arbeit, die sich aber nur ausführen läßt, wo man es mit allseitig regelmäßig begrenzten Fugen zu tun hat, wie dies für Holz- und Klinkerpflaster ohne weiteres, bei Steinpflaster dagegen nur für Reihenpflastersteine aus gutem Hartgestein zutrifft. Die beiden ersteren werden ausnahmslos, letzterer dagegen nur in selteneren Fällen (bei stark beanspruchten Straßen) auf eine Betonunterlage, in der Regel aber direkt auf den Bettungskies verlegt.

Bei Verlegung des Steinpflasters auf eine Betonunterlage ist es nötig, die Steine auf eine schwache Sandschicht zu betten, um sie nach Erfordernis unterstopfen zu können. Die offen bleibenden Fugen werden alsdann bis zwei Drittel der Höhe der Pflastersteine mit gesiebtem, scharfkantigem Perlkies sorgfältig ausgefüllt und dann bis zur Pflasteroberkante mit Kitt ausgegossen. Der geschmolzene Kitt wird in die Fugen eingegossen, und da er rasch erhärtet, ist es ein Leichtes, sämtliche Fugen durch entsprechendes Nachgießen gänzlich auszufüllen. Der Verbrauch an Pflasterkitt stellt sich bei dieser Art der Ausführung und einer Fugenstärke von etwa 12 bis 15 mm auf etwa 12 kg pro Quadratmeter. Fig. 79 zeigt den Querschnitt einer Steinpflasterstraße mit Betonunterlage, an der sich die Art der Ausführung deutlich erkennen läßt.

Bei Holzpflasterung werden die Holzklötzchen auf der profilierten Betonunterlage ohne Sandschicht direkt nebeneinander gesetzt und dazwischen Fugen von 1 cm gelassen. Das Vergießen der Fugen erfolgt in der Regel so, daß man nach dem Festwerden der unteren Schichten wiederholt Pflasterkitt eingießt, bis die Fugen ganz mit Kitt gefüllt sind.

Werden die Pflastersteine direkt auf den Bettungskies verlegt, so verfährt man in der Weise, daß man die Fugen nur etwa bis zur Hälfte der Pflasterhöhe mit Sand ausfüllt, während die zweite Hälfte mit Pflasterkitt ausgegossen wird. Sollten sich hier und da noch Fugen zeigen, welche ganz mit Sand ausgefüllt sind, so muß dieser Überschuß an Sand beseitigt werden, bevor man mit Ausgießen beginnt. Wo man Wasserleitung zur Verfügung hat, vereinfacht sich das Verfahren dadurch, daß man die Pflasterung in gewohnter Weise ausführt, die Fugen vollständig mit Sand ausfüllt und diesen nach dem Festrammen der Steine in die Fugen mit Hilfe der Hydranten einschlämmt, resp.

Fig. 79.



auf die erforderliche Tiefe von 7 bis 8 cm ausspritzt. Ist das Pflaster abgetrocknet, so kann man mit dem Ausgießen der Fugen beginnen. Je nach der Größe der letzteren und der größeren oder geringeren Regelmäßigkeit der Pflastersteine werden für den Quadratmeter Fläche in diesem Falle 15 bis 18 **kg** Pflasterkitt gebraucht.

Vor der Übergabe an den Verkehr wird die Straße mit einer gleichmäßigen Schicht von möglichst trockenem, scharfem Sand beschüttet, wie dies auch bei der gewöhnlichen Arbeitsweise mit Sandfugen üblich ist. Nach kurzer Benutzung der Straße preßt sich ein Teil des aufgestreuten Sandes tief in die weiche Masse des Pflasterkittes ein und der Rest kann entfernt werden.

An ein gutes Material zum Ausgießen der Fugen des Holz- oder Steinpflasters werden sehr hohe Anforderungen gestellt; der Kitt muß so konsistent sein, daß er bei heißer Jahreszeit unter dem Druck schwerer Lastfuhrwerke nicht aus den Fugen quillt und auch wieder so weich, daß er bei großer Winterkälte nicht spröde und durch die Hufe der Pferde aus den Fugen geschlagen wird; er muß also gegen den Einfluß von Hitze und Kälte gleich widerstandsfähig sein. Daneben wird aber ein solcher Grad von Dünnflüssigkeit verlangt, daß seine Vergießung keine Schwierigkeiten bereitet und daß er auch selbst in die kleinsten Fugen gleichmäßig eindringt. Diese Eigenschaften besitzt eine gute Mischung von Asphaltmastix und Goudron in erwünschtem Maße; sie werden von keinem anderen Material auch nur annähernd erreicht, aber das Material ist zu teuer, wo es sich um das Ausgießen großer Flächen handelt. Man hat daher, und zwar mit teilweise

recht gutem Erfolg, versucht, statt des teueren, natürlichen Asphaltmaterials das billige Steinkohlenteerpech in geeigneter Form für diesen Zweck zu verwenden. Wir werden die Herstellung eines „Pflasterkittes" daraus später an geeignetem Ort noch kennen lernen.

Die Verdichtung der Muffen von Steinzeugröhren mit Asphaltkitt beschreiben ausführlich W. H. Lindley[1]), A. Unna[2]) und H. Köhler[3]).

Die Art der seither üblichen Verdichtung der Steinzeugröhren darf als bekannt vorausgesetzt werden. Immerhin soll sie hier kurz erwähnt werden, um die Vorzüge der Asphaltdichtung besser würdigen zu können. Im allgemeinen geschieht die Verdichtung der Steinzeugröhren in der Weise, daß ein geteerter Strick von etwa 1 cm Stärke um das in die Muffe einzuschiebende Rohrende geschlungen wird, so zwar, daß nach dem Verstemmen derselben die Muffe zu etwa ein Drittel ausgefüllt ist. Ursprünglich hat man dann den in der Muffe noch freibleibenden Raum vermittelst Fugeisens mit plastischem Ton, sogen. Letten, ausgefüllt und auch noch um die Muffe einen Wulst dieses Materials gelegt. Man erzielte dadurch eine anscheinend gute Verdichtung, welche noch den großen Vorzug besaß, genügend elastisch zu sein, um bei Senkungen des Bodens ein Nachbiegen des Rohrstrangs zu ermöglichen. Ein großer Nachteil war jedoch die wegen des Gefrierens des Lettens unmögliche Ausführung der Arbeit im Winter, sowie das allmähliche Aufweichen des Tons, wenn die Röhren dem Grundwasser ausgesetzt waren, wodurch derselbe mit der Zeit gänzlich aus den Muffen ausgewaschen wurde. Auch kam es in trockener Sand- oder Kieslage häufiger vor, daß die trockene Umgebung dem plastischen Ton nach und nach die Feuchtigkeit entzog, wodurch dieser zunächst rissig wurde und schließlich als feines Pulver aus der Muffe herausfiel. Man ging deshalb zur Zementdichtung über und erzielte dadurch allerdings eine große Sicherheit gegen inneren und äußeren Druck, allein durch das sogen. „Treiben" des Zements beim Abbinden wurden viele Muffen gesprengt und außerdem bindet derselbe nicht an der glasierten Steinzeugfläche, wodurch Fugen entstehen, welche eine Art Diffusion zwischen dem Kanalinhalt und dem Grundwasser ermöglichen. Die Unmöglichkeit der Ausführung im Winter teilt dies Verfahren mit der Lettendichtung. Zudem ist die Zementdichtung bei Ausführung von Kanalisationen zu verwerfen, weil bei Straßen mit Baumbestand die feinen Haarwurzeln durch die entstehenden Risse ins Innere der Kanäle eindringen, sich darin perückenartig ausbreiten und die Rohre nach kurzer Zeit unter Mitwirkung anderer, in die Kanäle eindringender Verunreinigungen vollständig verstopfen. Man hat dann versucht, die beiden Methoden zu vereinigen, so daß man entweder die Muffenfuge mit Zementmörtel ausfüllte und um die Muffe einen Wulst von Letten legte, oder umgekehrt. Diese beiden letzteren Dichtungsarten sind wohl bislang noch allgemein im Gebrauch gewesen, allein sie haben außer der großen Kostspieligkeit noch den Nachteil, daß der ganze Rohrstrang

---

[1]) Tonindustrie-Ztg. 1892, Nr. 16. — [2]) Deutsche Bau-Ztg. 1897, Nr. 44. — [3]) Zeitschr. f. angew. Chemie 1898, S. 6 u. 30.

dadurch zu einem starren Ganzen vereinigt wird, welches bei Senkungen des Untergrundes nicht nachgeben kann, wodurch Rohrbrüche und die damit verbundenen Unzuträglichkeiten nicht zu vermeiden sind.

Von einem guten, zur Ausführung von Kanalisationen geeigneten Verdichtungsmaterial für die Muffen der Steinzeugröhren muß man in erster Linie verlangen, daß es ebenso widerstandsfähig gegen den Einfluß der Chemikalien ist, wie das Steinzeug selbst, daß es genügend Elastizität besitzt, um im Falle von Senkungen des Bodens nachzugeben, ohne daß Rohrbrüche eintreten, daß es sich zu jeder Jahreszeit verwenden läßt, und daß endlich die Art seiner Anwendung nicht umständlicher oder zeitraubender ist, wie die seither übliche Methode der Dichtung mit Zement oder plastischem Ton. Alle diesen Anforderungen entsprechenden Eigenschaften gewährleistet der Asphalt, und es ist das Verdienst von Lindley, zuerst die öffentliche Aufmerksamkeit auf diese Verdichtungsart gelenkt zu haben.

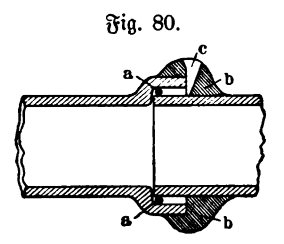
Was zunächst die Beschaffenheit des zum Ausgießen der Muffen von Steinzeugröhren benutzten Füllmaterials anbelangt, so empfiehlt Lindley (a. a. O.) eine Mischung von 2 Tln. Trinidadgoudron mit 1 Tl. Hannoverschem Asphaltmastix, während Unna (a. a. O.) eine Mischung aus gleichen Teilen dieser Materialien für geeigneter und auch in ökonomischer Beziehung vorteilhafter hält. Ich möchte hierzu bemerken, daß die Eigenschaften einer derartig zusammengeschmolzenen Füllmasse viel zu sehr von den Eigenschaften der dazu verwendeten Rohmaterialien, welche je nach Herkunft usw. beträchtlich schwanken, abhängt, als daß es möglich wäre, durch Zahlen ein festes Verhältnis zu geben. Auch die Art und Weise der Verarbeitung spielt hierbei eine große Rolle, so daß selbst bei Verwendung guter Rohmaterialien unter Umständen ein schlechtes Produkt erzielt werden kann. Jeder Asphalteur hat das erfahren, und im vorliegenden Falle ist die Sache noch komplizierter, weil es hier darauf ankommt, ein Material zu erzielen, welches neben möglichster Dünnflüssigkeit in geschmolzenem Zustande (damit es selbst in die engsten Fugen gleichmäßig eindringt) eine möglichst große Zähigkeit, Elastizität und Zähflüssigkeit nach dem Erkalten bewahrt.

Die Ausführung des Verfahrens selbst ist in ihrem ersten Teil genau die gleiche, wie die seither übliche. Der Rohrstrang wird wie gewöhnlich verlegt, nur ist darauf zu achten, daß der Teerstrick innerhalb der Muffe mit besonderer Sorgfalt eingestemmt wird, damit keine Undichtigkeiten bleiben, welche dem flüssigen Asphaltkitt den Eintritt ins Innere des Rohrstrangs gestatten. Für größere Arbeiten wird der Asphaltkitt in einem gewöhnlichen transportabeln Kessel, wie solche die Asphalteure bei ihren Arbeiten benutzen, bis zur Dünnflüssigkeit geschmolzen; für kleinere Arbeiten bedient man sich hierzu der bekannten Bleischmelzöfen, welchen Unna für diesen Zweck in ihrem oberen Teil eine elliptische Form gegeben hat, um zwei kleine Gießkessel mit Ausguß und Handgriff einsetzen zu können. Abgesehen von dem pekuniären Vorteil ist es dabei wesentlich, unter dem Kessel nur ein ganz kleines Feuer zu unterhalten, wenn der Kitt einmal geschmolzen ist, und die flüssige Masse häufiger mit Hilfe eines durchlochten eisernen Rührscheits gut durchzumischen, um ein Ab-

setzen der mineralischen Bestandteile, sowie die Bildung von Kesselbrand zu verhindern. Verfährt man in dieser Hinsicht gewissenhaft, so läßt sich jeder Ansatz bis zum letzten Tropfen ausnutzen. Das Vergießen der Muffe selbst geschieht je nach Bedarf mit größeren oder kleineren Gießlöffeln oder Kannen (s. Fig. 76 bis 78 auf S. 196).

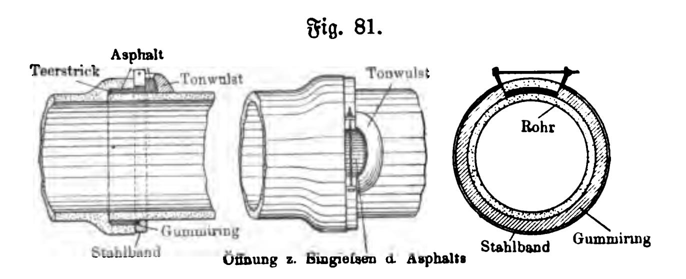
Da man es bei Kanalisationen fast durchweg mit horizontal liegenden Rohrsträngen zu tun hat, so muß der äußere Rand der Muffen gut abgedichtet werden. Dies kann man einfach dadurch erreichen, daß man um die ganze Muffe herum einen Wulst von plastischem Ton legt, den man an der oberen Seite des Rohrstrangs nestartig erweitert, um auf diese Weise eine Art Trichter herzustellen, durch welchen man den flüssigen Kitt bequem eingießen kann (Fig. 80). Nach dem Erkalten des Kitts kann dieser Wulst abgenommen und wieder anderweitig verwendet werden. Diese Art der Ausführung ist indessen umständlich und nur für Röhren geringer Dimensionen anwendbar, weil bei größeren Rohrweiten durch den Druck des flüssigen Kitts der Wulst von der Muffe sich, namentlich im unteren Teile der Rohrwandung, leicht abschiebt. Deshalb hat Heichlinger[1]) einen sogen. Gießring konstruiert, welcher seit etwa sechs Jahren mit bestem Erfolg im Gebrauch ist. Dieser Gießring (Fig. 81) besteht aus einem Gummiband von quadratischem Querschnitt (sogen. Tuckschnur) von bis zu 3 cm Stärke, dessen Länge so bemessen ist, daß an der Eingußstelle eine etwa 6 cm weite Öffnung bleibt. Vor dem Gebrauch wird der Ring mit dünnflüssigem Ton überzogen, damit der flüssige Asphalt nicht an demselben festhaftet. Durch ein Stahlband mit Schraubenverschluß wird derselbe fest an das Rohr gepreßt, nachdem er in wagrechter Richtung dicht an die Muffe angeschoben und eine etwa verbleibende Fuge mit plastischem Ton verstrichen worden ist. Um die Gießöffnung wird ein Nest von Ton gelegt, damit man die Muffe vollständig ausgießen kann.

Fig. 80.



a Teerstrick. *b* Wulst von Letten. *c* Gießöffnung.

Fig. 81.



Szalla[2]) benutzt für den gleichen Zweck ein wickelartig zusammengedrehtes

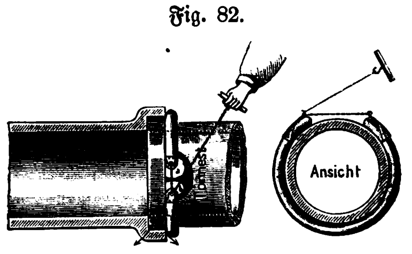
[1]) Tonind.-Ztg. 1896, S. 16. — [2]) Privatmitteilung.

Stück Sackleinwand, das mit plastischem Ton überzogen und an den Enden mit einer Strippe versehen ist.

Unna bedient sich in sinnreicher Weise der elastischen Eigenschaften des billigeren Korks statt des teuren Gummis in der Weise, daß er den Gießring aus einem mit groben Korkstückchen straff ausgefüllten Juteschlauch mit Juteschnurseele herstellt, welcher ein biegsames, elastisches, anpassungsfähiges und der Feuchtigkeit widerstehendes Material bildet. Der Schlauch wird etwa 5 cm kürzer genommen, als der äußere Umfang des zu vergießenden Rohrstrangs beträgt, und besitzt an jedem Ende einen gut befestigten Messingbeschlag mit Ring. Der Verschluß geschieht durch einen an dem einen Ring angebrachten Kupferdraht, welcher durch den anderen Ring geführt, fest angezogen und dann umgebogen wird (Fig. 82).

Hierdurch, und namentlich auch durch das Abstreichen des Rings mit plastischem Ton, welches gleichzeitig den Zweck hat, das Festkleben des Asphalts zu verhindern, wird ein vollkommen dichter Anschluß des Gießrings an die Außenwand und die Muffe der Rohre erzielt. Bei Rohrwandungen von größerem Durchmesser, bei denen es schon eines größeren Kraftaufwands bedarf, geschieht das Anziehen des Schließdrahts vermittelst eines Holzknebels mit Haken. Hierauf wird um die von Korkschnur freigebliebene Öffnung an der oberen Seite des Rohrs ein Tonnest gelegt, wie weiter oben schon beschrieben. Unna hat auch hieran eine sehr praktische Neuerung angebracht, indem er in demselben eine kleine Querwand so hergestellt hat, daß zwei Öffnungen entstehen von welchen die größere *a* als Einfülltrichter, die kleinere *b* als Luftaustrittöffnung dient und erreicht dadurch ein rascheres Vollaufen der Muffe, sowie gleichmäßigere Füllung und Verhinderung von Blasenbildung in der Füllmasse. Um einen flotten Arbeitsbetrieb zu ermöglichen, ist es nötig, für jede Arbeiterkolonne einen Satz von je sechs Stück solcher Gießringe für die betreffende Rohrweite zu besitzen; dieselben werden für alle Rohrabmessungen von je 10 bis 60 cm Durchmesser hergestellt. Bei Vergießungen im Winter empfiehlt es sich, die Steinzeugröhren vor dem Verlegen in der Nähe des Asphaltofens aufzustellen, um sie etwas anzuwärmen; auch ist besonders darauf zu achten, daß die Muffen vollständig ausgefüllt sind, und es muß daher in kurzen Zwischenräumen Asphaltkitt nachgegossen werden, bis dessen Oberfläche im Nest konstant bleibt. Es braucht kaum erwähnt zu werden, daß beim Vergießen stehender Rohrleitungen die Anwendung eines Gießringes überflüssig ist.

Fig. 82.



Teerstrickverstemmung. Asphaltdichtung.

Bezüglich des Verbrauchs an Material und der Kosten der Dichtung liegen folgende Resultate kompetenter Fachmänner vor. Nach W. H. Lindley (a. a. O.) betrugen dieselben für Rohrdurchmesser von:

	15	20	25	30	35	40 cm
Verbrauch an Asphalt für eine Muffe	0,9	1,15	1,50	1,95	2,55	3,55 kg
Verbrauch an Teerstrick	0,12	0,14	0,17	0,20	0,26	0,30 „
Material und Materialbereitungskosten einschl. Heizmaterial	22	27	36	44	48	74 Pf.

A. Unna (a. a. O.) hat die Kosten der Asphalt- und Zementdichtung auf Grund von je 500 Muffendichtungen miteinander verglichen und kam zu folgendem Ergebnis:

Für Rohrdurchmesser 15 cm:

Verbrauch an Asphalt zu 12 Mk. für 100 kg . . .	1,1	kg	=	13,2 Pf.
Verbrauch an Teerstricken zu 42 Mk. für 100 kg . .	0,11	„	=	4,6 „
Verbrauch an Feuerungsmaterial 1,5 Mk. für 100 kg	2,50	„	=	3,7 „
			für die Muffe	21,5 Pf.

Bei der Zementdichtung wurde verbraucht:

an Zement 3,50 Mk. für 100 kg	3	kg	=	10,5 Pf.
„ Teerstricken wie oben	0,11	„	=	4,6 „
„ Ton 1,50 Mk. für 100 kg	5	„	=	7,5 „
				22,6 Pf.

Für Rohrdurchmesser von 10 cm:

Verbrauch an Asphalt	0,8	kg	=	9,6 Pf.
„ „ Teerstricken	0,06	„	=	2,5 „
„ „ Feuerung	1,9	„	=	2,9 „
				15 Pf.

Bei der Zementdichtung wurde verbraucht:

an Zement	2	kg	=	7 Pf.
„ Teerstricken wie oben			=	2,5 „
„ Ton	3,5	„	=	5,3 „
				14,8 Pf.

Die Erfahrungen, die man seither mit der Verdichtung der Muffen von Steinzeugröhren durch Asphaltkitt gemacht hat, darf man wohl infolge des Umstandes, daß dieselben an ganz verschiedenen Orten, zu verschiedenen Zeiten und durch verschiedene Beobachter gemacht worden sind, als durchaus einwandsfrei bezeichnen. Auf Grund derselben gelangt A. Unna in seinem schon mehrfach zitierten Artikel zu folgendem Resumé, das wir hier wörtlich wiedergeben:

1. Die Asphaltdichtung ist nicht porös, daher auch vollkommen undurchlässig für Flüssigkeiten.

2. Der Asphalt verbindet sich fest mit den glasierten Steinzeug- und Tonrohrwandungen, wodurch eine absolute Dichtigkeit erzielt wird.

3. Der Asphalt ist so elastisch, daß Veränderungen des Rohrstranges, welche durch Bodensenkungen herbeigeführt werden, kein Brechen der Rohre bewirken, indem die Asphaltdichtung in der Muffe nachgibt.

4. Die Asphaltdichtung kann bei jeder Witterung ausgeführt werden, während die Zement- und Tondichtung bei starkem Frost unmöglich wird.

5. Der Asphalt erweicht bei Temperaturen bis 50° nicht. Es liegen daher keine Bedenken vor, diese Dichtung für Kondensationswasserableitungen zu verwenden.

6. Der Asphalt ist säurebeständig und wird auch durch alkalische Abwässer nicht angegriffen. Derselbe eignet sich daher auch als Dichtungsmaterial für Rohrleitungen in gewerblichen Anlagen, welche solche Abwässer abführen.

7. Die Asphaltdichtung erfordert bei ihrer Verwendung nicht mehr Zeit als die Zementdichtung. Wenn die Rohrleger eingeübt sind, erfordert dieselbe sogar weniger Zeit.

8. Der Rohrstrang kann sofort nach Fertigstellung der Asphaltdichtung der Druckprobe unterzogen werden, worauf unmittelbar mit der Verfüllung des Grabens begonnen werden kann.

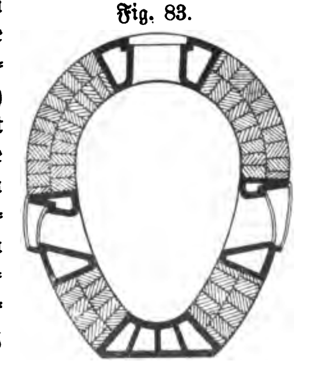
9. Die Asphaltdichtung erleichtert und verbilligt die Rohrverlegung im Grundwasser, da die Pumparbeit sofort nach Herstellung der Dichtung eingestellt werden kann.

10. Reparaturen von Hausleitungen können während des Gebrauchs ausgeführt werden, da ein Fortspülen der Dichtung, wie bei der Zementdichtung, ausgeschlossen ist.

11. Mit Asphalt gedichtete Rohre können durch Erwärmen der Muffen ohne Beschädigung der Rohre getrennt werden.

Kanäle mit sehr geringem Gefälle, z. B. 1:150 oder 1:200 können nicht mit den gewöhnlichen Steinzeugröhren von kreisrundem Querschnitt ausgeführt werden; man verwendet in diesen Fällen Röhren von eiförmigem oder Ellipsenprofil, die aber in Steinzeug nicht in der erwünschten gleichmäßigen Form geliefert werden können. Durch Einführung von Steinzeugsohlstücken als Segment des Ovals oder der Ellipse, auf welchen dann die Peripherie in Mauerwerk aus hart gebrannten Steinen ausgeführt wurde, war die erste Schwierigkeit überwunden, namentlich auch, als man kennen lernte, durch Ausgießen der Fugen des Mauerwerks bis auf die mutmaßliche Höhe des Flüssigkeitsstandes mit Asphalt, dasselbe säurebeständig zu machen (Fig. 83).

Fig. 83.

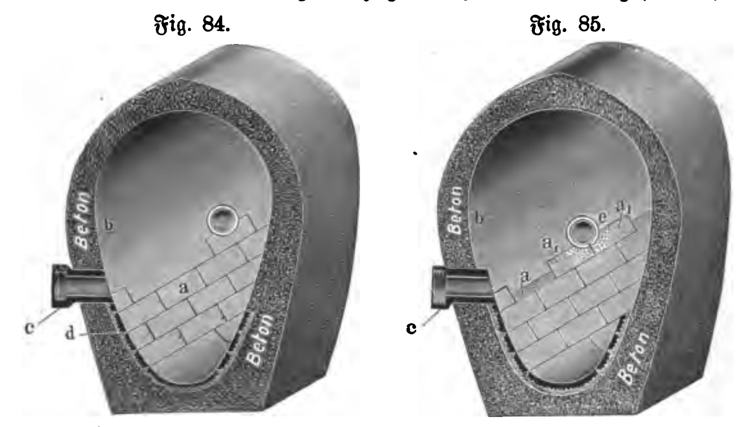


Erst in der allerjüngsten Zeit gelang es, auch eiförmige Kanäle aus Zementbeton herzustellen, welche im Innern eine säurefeste Auskleidung besitzen. Dies Problem wurde von Bauinspektor Knauff gelöst, welcher Platten aus säurefestem Steinzeug konstruierte, mit welchen die Auskleidung bis über die Höhe der durch saure Abwässer gefährdeten Betonmasse erfolgt. Erst durch die Verwendung dieser Seitenplatten, deren Fabrikation die bekannte deutsche Steinzeugwarenfabrik für Kanalisation und chemische Industrie in Friedrichsfeld (Baden) übernommen hat, kommen die schon seit 1897 von der

gleichen Firma eingeführten Steinzeugsohlschalen recht zur Geltung, da diese wohl die Sohle, nicht aber auch die Seitenflächen der Betonkanäle gegen Säureangriff zu schützen vermochten.

Der Natur der Sache nach kommen diese Platten nur bei großen, begehbaren Kanälen zur Verwendung und können sowohl in noch zu verlegenden Röhren als auch fertigen Rohrsträngen angebracht werden. Im ersteren Falle sind, wie Fig. 84 veranschaulicht, unterhalb der Einmündung der Nebenleitung *c* entsprechende Aussparungen *d* im unteren Kanalteil vorzusehen, in welche die Platten unter Anwendung von Zementmörtel eingelegt werden, oder es findet in Ermangelung dieser Aussparung die Befestigung in der Weise statt, daß die Platten einfach flach aufgelegt und mit Zementmörtel mit der Rohrwandung verbunden werden, wie dies Fig. 85 zeigt. Letztere Anordnung findet haupt-

Fig. 84. Fig. 85.



sächlich bei bereits bestehenden Zementkanälen Verwendung. Die abgeschrägten Kanten dieser Platten und Sohlschalen bilden genaue Fugen, welche sich mit einem säurefesten Kitt ausfugen lassen. Sie sind auf ihrer Rückseite mit aufgerauhten Längsrillen versehen, um ein sicheres Haften zu erzielen. Die für die Mündungsstellen der Nebenleitungen bestimmten Platten sind halbkreisförmig ausgespart und mit konzentrischen Rillen versehen, welche das Abhauen bei Einführung größerer Rohrdimensionen erleichtern sollen. Es ist mit dieser Erfindung, deren Ausführungsrecht von der genannten Friedrichsfelder Firma zu erwerben ist, ein großer Fortschritt geschaffen, namentlich auch deshalb, weil man nunmehr in der Lage ist, bereits bestehende und durch Säure gefährdete Betonkanäle vor weiterer Zerstörung zu schützen.

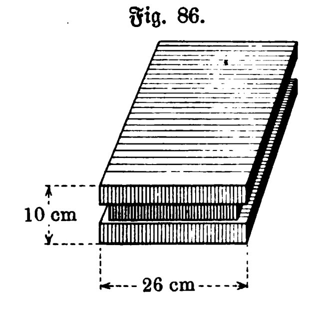
Nach einem D. R.-P. von G. A. Wayß[1]) fertigt man säurefeste Betonröhren für Kanalisationszwecke nach dem bekannten Verfahren von Monier[2]) in der Art, daß man im Innern der Drahteinlage die Wand der Röhren aus Gußasphalt bildet, auf welche man außerhalb der Drahteinlage eine Zementmörtelmischung aufträgt.

Nach O. Markfeldt[3]) können die Knauffschen Platten auch zur Her-

[1]) Tonind.-Ztg. 1895, S. 609; Chem.-Ztg. 1895, Rep. S. 352. — [2]) D. R.-P. Nr. 14673. — [3]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1901, S. 801.

stellung von säurefesten Reservoirs für chemische Fabriken usw. Verwendung finden, und zwar in einer Form, wie sie durch Fig. 86 gezeigt wird. Die Platten werden mit Zementmörtel auf der Unterlage befestigt und mit der schmalen Seite aneinander geschoben, so daß sich rings um jeden Stein ein 3 cm breiter und 4 cm tiefer Kanal bildet, der späterhin mit Asphaltkitt ausgegossen wird. Wird zur Herstellung dieses Kitts ein nur bei hoher Temperatur dünnflüssiges und vergießbares natürliches Material, wie Trinidad epuré mit Trinidadgoudron und säurefestem, feinst gemahlenen Füllmittel (z. B. China clay) verwendet, und auch die Schichthöhe vor dem Ausgießen der Fugen nicht zu hoch bemessen, so daß alle Fugen sich auch wirklich gleichmäßig ausfüllen, so dürfte ein derartig hergestelltes Reservoir von keiner anderen Konstruktion übertroffen werden.

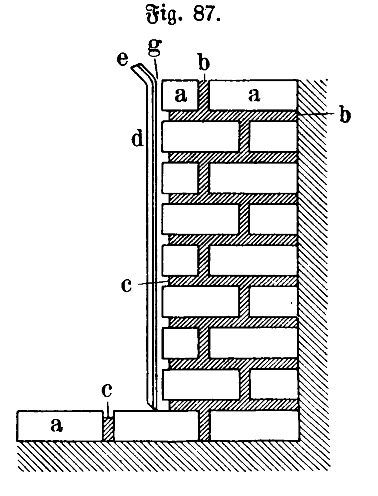
Fig. 86.



Markfeldt beschreibt dann des weiteren noch eine andere Konstruktion derartiger Bassins, deren Praxis den Asphalteuren übrigens nicht unbekannt war, wie folgt:

„Das Reservoir wird zunächst in Mauersteinen aufgeführt, und kann, wenn man besonders dauerhaft bauen will, an Stelle des Kalkmörtels auch Asphaltkitt Verwendung finden. An der Reservoirinnenfläche werden bei jeder Fuge 1 bis 2 cm ausgespart, die Fugen selbst aber nicht zu eng hergestellt. Man fertigt sich nun aus Eisen eine Gießplatte von etwa 1 m Höhe und beliebiger Breite an, welche oben im Winkel von 45° umgebogen ist, so daß an der Oberkante der Gießplatte auf diese Weise eine Gießrinne entsteht, um so den Guß mit dem geschmolzenen, säurefesten Asphaltmaterial bequemer ausführen zu können. Aus Fig. 87 wird die Ausführung leicht verständlich: *a a* sind die Mauersteine des Reservoirs mit den Fugen *b*, welche bei *c* etwa 2 cm ausgespart sind; *d* ist die Gießplatte, *e* die umgebogene Leiste, *g* die dadurch entstehende Gießrinne. Den Verschluß auf beiden senkrechten Seiten bildet eine 10 cm breite und 2 cm dicke Eisenschiene, auf welche die Gießplatte entweder durch Flügelschrauben, Klammerhaken oder hölzerne Strebebalken fest angedrückt wird; verbleibende Undichtigkeiten werden mit Lehm beseitigt. Der geschmolzene, säurefeste Asphalt wird nun mit Gießeimern zwischen Reservoirwand und Gießplatte eingegossen, dringt in die offenen Fugen ein und erhält dadurch die auf der

Fig. 87.



Mauer festsitzende Asphaltschicht sowohl Versteifungsstreifen, als auch stufenförmig gleichmäßig verteilte Unterstützungsleisten, die gewissermaßen eine Verankerung im Mauerwerk darstellen.

„Das Erkalten der einzelnen Gußschichten dauert etwa zwei bis drei Stunden, während welcher Zeit mit einer weiteren Gießplatte ein zweiter Aufguß an einer anderen Stelle bewirkt wird. Bei großer Tiefe der Reservoirs müssen unter Umständen mehrere Güsse übereinander ausgeführt werden; die Verbundstellen der einzelnen Streifen sind kaum zu bemerken und können eventuell mit einer Lötlampe oder einem heißen Reibeisen geglättet werden. Die Ecken der Reservoirs werden der besseren Reinhaltung wegen in abgerundeter Form hergestellt, indem man hier statt der Gießplatten ein eisernes Rohr von passendem Umfang in gleicher Weise verwendet. Die innere Fläche der Gießplatten ist, um ein Anhaften der Asphaltmasse zu verhindern, abgeschliffen oder mit einer Verkleidung von Zinkblech versehen. Bedingung für ein festes Anhaften der Asphaltschicht ist natürlich auch hier die völlige Trockenheit des Mauerwerks."

In ein derartig ausgeführtes Reservoir können nach Markfeldt saure und alkalische Flüssigkeiten mit einer Temperatur von 50 bis 60° abgelassen und mehrere Tage bei dieser Temperatur ohne Schaden darin belassen werden. Bei kürzerer Dauer kann die Temperatur der Flüssigkeit unbeschadet sogar 80° C betragen. Sogar Salzsäure von 21° Bé und Salpetersäure von 1,32 spez. Gewicht konnte mehrere Wochen darin aufbewahrt werden, ohne daß ein Angriff auf das Material zu bemerken war. Schwefelsäure von 50° Bé wurde bei 65° C in ein solches Reservoir abgelassen und nach dem Erkalten noch etwa ein Jahr darin stehen gelassen; nach dem Abziehen der Säure erwiesen sich die Wände noch vollkommen intakt.

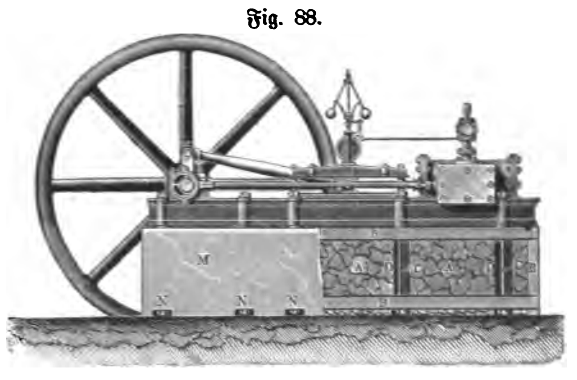
Natürlich läßt sich für derartige Zwecke die Asphaltierung der Reservoirs auch nach der von der Compagnie Générale des Asphaltes de France zuerst gegebenen Methode des Verputzes senkrechter Mauerflächen mit Asphaltmörtel ausführen (vgl. S. 194), wenn man dazu einen Asphaltmörtel mit säurebeständigem Füllmaterial verwendet, den man durch die Möglichkeit eines größeren Zusatzes von Füllmaterial bedeutend lapidarer machen kann als ein vergießbares Material, so daß er selbst bei hohen Temperaturen nicht fließt.

In derartig ausgeführten Bassins lassen sich Mineralsäuren u. dgl. wohl für kürzere oder längere Zeit vorübergehend aufbewahren, aber darin hantieren mit festen Gegenständen, wie dies z. B. in Verzinkereien zum Ätzen der zu verzinkenden Gegenstände verlangt wird, kann man nicht, weil der oberflächlich aufgetragene Asphalt sehr bald beschädigt und abgestoßen würde. Auch Reservoirs mit hintergossenen Knauffschen Platten sind ungeeignet, weil der durch Gießen eingebrachte dünnflüssige Asphalt infolge der Wärmeentwickelung bald erweichen und die Platten dadurch die genügende Widerstandsfähigkeit gegen Stoß verlieren würden. Man kann Reservoirs für diesen Zweck aber sehr wohl herstellen, wenn man die Außenwände derselben aus Zementbeton oder Zementmauerwerk ausführt, dieses durch Einstellen von Kokskörben nach erfolgtem Abbinden des Zements vollkommen austrocknet und das Reservoir dann mit einer Schicht säurebeständiger Steine, die in Asphaltmörtel verlegt werden,

auskleidet. Diese Steine haben die gewöhnliche Form der Backsteine und brauchen keinerlei Rillen oder Kanäle zu besitzen.

Der säurefest hergestellte Mörtel aus bestem natürlichen Asphalt und Goudron (s. oben) wird möglichst dickflüssig eingeschmolzen und die Steine werden vor dem Verlegen auf Koksfeuer so weit angeheizt, daß man sie eben noch anfassen kann; die Fugen werden etwa $^1/_2$ cm breit angelegt und nach Fertigstellung mit einem heißen Fugeisen glattgestrichen. Ein auf diese Weise konstruiertes Bassin genügt allen berechtigten Anforderungen in bezug auf Haltbarkeit gegenüber dem Einfluß von Chemikalien als auch größerer Wärme und dabei ist die Ausführung desselben wesentlich einfacher als die von Knauff angegebene oder von Markfeldt beschriebene Konstruktion.

Fig. 88.

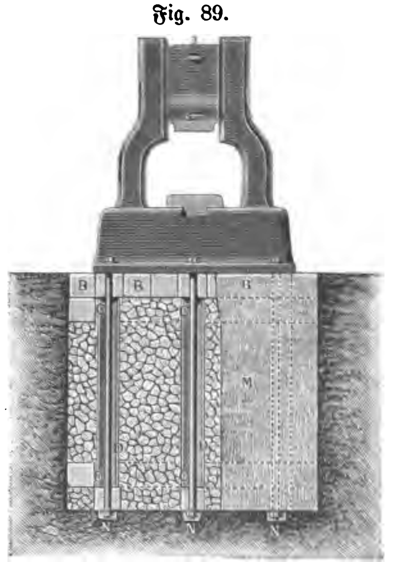


A Asphaltbeton. *B* Hölzerner Rahmen. *C* Grundsteinbolzen. *D* Zinkröhren zum Verwahren der Grundsteinbolzen. *M* Asphaltmastix. *N* Schraubenmutternischen.

Die große Reihe der Anwendungsformen des Gußasphalts ist hiermit keineswegs erschöpft; es kann nicht im Plane dieses Werkes liegen, sie alle einzeln aufzuführen, da die Manipulationen ja auch, im großen und ganzen genommen, stets die gleichen sind. Wir erwähnen ferner nur noch die folgenden:

Die Compagnie Générale des Asphaltes de France empfiehlt Asphaltmastix und Goudron zur Herstellung von Asphaltbeton für Fundamente von Maschinen zur Verhütung der durch dieselben verursachten Erschütterungen. Fig. 88 stellt die Grundsteinlage einer in Pyrimont von Léon Malo aufgestellten Dampfmaschine von 70 Pferdekräften bei 7 m Länge, 1,2 m Breite und 4 m Höhe dar, die sich vorzüglich bewährt hat. Fig. 89 zeigt die in gleicher

Fig. 89.



A Asphaltbeton. *B* Hölzerner Rahmen. *C* Grundsteinbolzen. *D* Zinkröhren zur Aufbewahrung der Grundsteinbolzen. *M* Asphaltmastix. *N* Bolzennischen.

Weise ausgeführte Fundamentierung eines Dampfhammers geringerer Dimensionen.

Die transkaspische Bahn[1]) (Kaspisches Meer — Merw) hat statt der mit schlechtem Erfolg an Stelle der Schwellen benutzten Steinwürfel aus Gußasphalt hergestellte Blöcke eingeführt. Dieselben werden hergestellt, indem man festen, geschmolzenen Asphalt mit 75 Proz. Kalksteinpulver verarbeitet und der Mischung 25 Proz. feinen, gewaschenen Kies hinzufügt. Die Masse wird in Formen gedrückt und darin erstarren gelassen. Für die Aufnahme des Schienenfußes ist eine Aussparung angebracht, in welche als elastische Zwischenlage ein Holzbrettchen eingefügt wird.

Fig. 90.

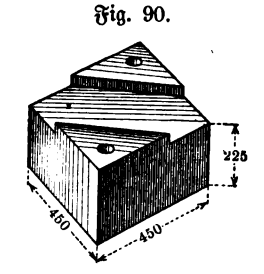


Fig. 90 zeigt einen derartigen Würfel, wie solche zur Schienenunterstützung mit regelmäßigem Wechsel von je drei Würfeln und einer hölzernen Querschwelle verwendet werden und sich bisher gut bewährt haben sollen. Die große Hitze (bis 48° C) hat dieselben bis jetzt nicht verändert.

Nach Nöthling[2]) sollen sich derartige Schwellen indessen an anderen Orten nicht bewährt haben.

Graf Dundonald nahm bereits 1851 ein englisches Patent auf die Herstellung von Pfeilern, Säulen und Röhren aus Trinidadasphalt. Nur die Fabrikation der letzteren, und zwar aus künstlichem Asphalt, hat sich bis in die neueste Zeit erhalten und wird, wie wir später sehen werden, in ziemlich bedeutendem Maßstab ausgeführt.

Auch die Erzeugung von Krippen und Futtertrögen aus Gußasphalt soll hier nur erwähnt werden.

Makadamstraßen aus natürlichem Asphalt werden kaum mehr ausgeführt, da der Verbrauch an Asphalt zu groß ist (etwa 50 bis 60 kg Mastix pro Quadratmeter) und sie sonst vor den Guß- oder Stampfasphaltstraßen keinerlei Vorzüge bieten. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei dem von der Patent-Cork-Paving-Company in London ins Leben gerufene Korkasphaltpflaster und zwar, weil es schwierig sein dürfte, die nötigen Korkabfälle zu einem entsprechend billigen Preis und in genügender Menge zu erhalten[3]). Unter zahlreichen Vorteilen dieses neuen Pflasterungsmaterials werden besonders Reinlichkeit, Dauerhaftigkeit, Elastizität, Geräuschlosigkeit und äußerst geringe Herstellungskosten hervorgehoben. Ein weiterer Vorteil besteht nach einer Mitteilung des Patent- und technischen Bureaus von Richard Lüders in Görlitz darin, daß das neue Pflaster im trockenen wie im nassen Zustande jedes Ausgleiten verhindert; im Gegensatz zur Holzpflasterung ist dasselbe nicht Feuchtigkeit absorbierend, bleibt also geruchlos. Die fertigen Blöcke werden in Steinkohlenteer getaucht und auf eine Betonschicht von etwa 6 Zoll Dicke gelegt. Dagegen wird sogenannter „Korkasphalt" aus künstlichem Asphalt für gewisse Zwecke hergestellt, dessen Fabrikation wir später kennen lernen werden.

[1]) Dingl. polyt. Journ. 262, 545. — [2]) Der Asphalt, S. 291. — [3]) Baugewerkszeitung 1893, S. 997; 1894, S. 583.

Achtes Kapitel.

Verarbeitung und Verwendung des reinen Asphalts zu verschiedenen anderen Zwecken.

Ungleich beschränkter als die Verwendung asphalthaltiger (bituminöser) Materialien in Gewerbe und Industrie ist der Verbrauch an reinem Asphalt, wenn auch nicht minder wichtig. Die hauptsächlichsten Eigenschaften des Asphalts, die hier in Frage kommen, sind sein Nichtleitungsvermögen für den elektrischen Strom, seine Wasserundurchlässigkeit, seine Fähigkeit, sich in gewissen leichtflüchtigen Flüssigkeiten oder trocknenden Ölen zu lösen und beim Verdunsten oder Oxydieren derselben in Form eines glänzend schwarzen, festhaftenden Überzugs zurückzubleiben, sowie seine Empfindlichkeit gegen die Einwirkung des Lichtes. Die Industrien, welche von diesen Eigenschaften hauptsächlich Gebrauch machen, sind die Elektrotechnik, die Firnis- und Lackindustrie, die Gummi- und Guttaperchaindustrie, sowie die Reproduktionstechnik.

1. Asphalt in der Elektrotechnik.

In der Elektrotechnik findet der Asphalt in zweierlei Form Verwendung, und zwar als leicht dehnbare, elastische Masse zur Umhüllung von Kabeln und dergleichen und als fester Kitt, welcher hohen Temperaturen zu widerstehen vermag, ohne zu erweichen, zum isolierenden Ausguß, z. B. an den Metallhülsen der Glühlampen, um in denselben den Glaskörper dauernd zu befestigen. Häufig werden auch unterirdische Kabel in eine gemeinsame Hülse gelegt und diese dann zum Auseinanderhalten der einzelnen Drähte mit einer geeigneten Asphaltmasse ausgegossen. Für diese Zwecke müssen die natürlichen Eigenschaften des Asphalts unter Umständen entsprechend korrigiert werden. In der Regel wird Trinidadasphalt oder ein diesem ähnliches Bitumen zur Herstellung solcher Materialien verwendet, muß aber erst noch einen besonderen Reinigungsprozeß durchmachen, um die erdigen Bestandteile nach Möglichkeit zu entfernen.

Man erhält ein zum Ausgießen unterirdischer Kabelleitungen sowie zum Überziehen der Kabel selbst geeignetes Produkt, das sich auch zu Isolierzwecken an Akkumulatoren verwenden läßt, wenn man Trinidad epuré (bei 160 bis 170°) schmilzt und so lange bei dieser Temperatur im

Schmelzen erhält, bis das leichtflüssige Bitumen und das eingeschlossene Wasser verdampft ist, und die geschmolzene Masse so lange der Ruhe überläßt, bis sich die erdigen Bestandteile am Boden abgeschieden haben. Von diesen wird der flüssige Asphalt vorsichtig in einen anderen Kessel abgeschöpft und darin mit einem entsprechenden Zusatz von Hartparaffin (etwa 10 bis 15 Proz.) versetzt, so daß das erkaltete Produkt die gewünschte Geschmeidigkeit besitzt; durch wenige Tropfen Nitrobenzol wird das Material noch parfümiert und gelangt in Tafeln, Blöcken oder in Gefäße eingegossen in den Handel.

A. Gentzsch[1]) erhitzt Ozokerit, Asphalt und Bernstein in geeigneten Mengenverhältnissen in einer Destillierblase auf eine Temperatur von etwa 400° C; es entweichen Wasser, leichte und schwere Öle, sowie Gase, und das Erhitzen wird so lange fortgesetzt, bis in der Vorlage kein Destillat oder Entweichen von Gasen mehr zu bemerken ist. Die zurückbleibende Masse besitzt nach dem Abkühlen eine butterähnliche, geschmeidige Konsistenz und kann entweder für sich allein oder in Mischung mit anderen Substanzen für Kabelisolation und als Verbindungsmasse für die Muffen der Kabel verwendet werden.

Nach einem späteren Patent sucht Gentzsch[2]) den Schmelzpunkt von Asphalt, Wachsarten u. dgl. dadurch zu erhöhen, bzw. das Dünnflüssigwerden derselben bei höherer Temperatur zu verhindern, daß er diesen auf eigentümliche Weise einen mineralischen Füllkörper inkorporiert. Die die Verdickung bewirkenden Substanzen, wie kohlensaurer Kalk oder Magnesia, Magnesiumhydrat, Gips oder Eisenoxyd, werden in Wasser gelöst oder suspendiert und tropfenweise unter stetem Umrühren in die auf mehr als 100° erwärmte Masse eingeführt, bis die erwünschte Zähigkeit erreicht ist. Dabei kann der Zusatz an Salzen selbst auf die Mengen, welche in dem in der Natur vorkommenden Wasser gelöst sind, beschränkt werden.

Nach einem Verfahren der „Vereinigten Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft in Wien“[3]) kann aus den gewöhnlichen Sorten des Trinidadasphalts, beispielsweise durch Abtreiben von 10 Proz. der flüchtigen Bestandteile, eine Masse erhalten werden, welche einen Schmelzpunkt von 180° zeigt und vollständig in Benzin löslich ist. Sie eignet sich vorzüglich zur Herstellung von schützenden Überzügen, als Ausfüllungsmittel, als Isolations- oder Kittmittel, da sie bei diesen Verwendungszwecken häufig Temperaturen widerstehen muß, die oft weit über 100° liegen. Das Verfahren besteht darin, daß der Asphalt einer trockenen Destillation unterworfen wird, welche so rechtzeitig zu unterbrechen ist, daß noch keine Zersetzung unter Abscheidung von Kohle eintritt. Die rechtzeitige Unterbrechung der Destillation ist das wesentliche Moment des Verfahrens, da der Retorteninhalt nur in diesem Falle noch homogen ist, d. h. keine freie Kohle aufweist und in Lösungsmitteln löslich ist.

Einen Isolieranstrich für elektrotechnische Zwecke erhält man nach

[1]) D. R.-P. Nr. 79110 vom 5. Sept. 1893; Chem. Ind. 1895, S. 143. — [2]) D. R.-P. Nr. 111088 vom 1. März 1899; Chem. Ind. 1900, S. 247. — [3]) D. R.-P. Nr. 110302 vom 11. Juli 1899; Chem. Ind. 1900, S. 223; Zeitschr. f. angew. Chem. 1900, S. 329.

P. Jansen[1]), wenn man in einem Destillierapparat mit Rührwerk 19 Tle. Dammarharz und 5 Tle. syrischen Asphalt in 20 Tln. Terpentinöl bei etwa halbstündigem, gutem Rühren der Masse löst und das Terpentinöl usw. abdestilliert, bis der Blaseninhalt eine Konzentration von 20 bis 25° Bé zeigt. Dieser Masse wird dann bei 80 bis 100° eine innige Mischung von 28 Tln. eines Gemisches aus gleichen Teilen Graphit und China clay und 21 Tln. Terpentinöl aufs vollkommenste beigemengt, was dadurch erzielt wird, daß der zähflüssige Brei in einer Farbmühle aufs feinste zerteilt wird. Ein Zusatz von 10 Tln. Benzin macht dann die Masse gebrauchsfertig.

E. Oehrig[2]) stellt ein Isoliermittel her, indem er pflanzliche oder tierische Fette mit verseifend wirkenden Substanzen und ungesättigten Säuren behandelt unter gleichzeitiger Oxydation und hierauf die oxydierte Masse längere Zeit bei Temperaturen bis 200° mit Goudron oder goudronähnlichen Substanzen erhitzt. Das Oxydationsmittel kann auch durch solche Körper ersetzt werden, welche sich an die Fettkörper direkt chemisch anlagern. Auf 4 Tle. Fettkörper verwendet man zweckmäßig 1 Tl. Oxydationsmittel.

Einen zum Einkitten der Glühlampen in die Metallhülsen geeigneten, gegen höhere Temperatur widerstandsfähigen, nichtleitenden Kitt kann man auch erhalten, wenn man gleiche Teile Trinidad epuré und amerikanisches Kolophonium längere Zeit (bis zum völligen Entweichen des Wassers und der leichten Destillate) schmilzt, absitzen läßt und in die übergeschöpfte, satzfreie Asphaltmasse so lange getrockneten und durch ein Haarsieb geschlagenen China clay oder ein sonst geeignetes, staubfeines Füllmaterial gut einarbeitet, als die beim Erkalten dicker werdende Konsistenz des Materials es zuläßt, d. h. daß die geschmolzene Masse sich noch leicht aus dem Gießlöffel in die Hülsen eingießen läßt.

Auch zur Erzeugung elektrischer Kohlen kann der Asphalt benutzt werden. R. A. Fressenden[3]) suchte im Auftrage Edisons nach nichtfaserigen Substanzen, welche sich zur Herstellung der Kohlefäden der elektrischen Glühlampen eignen und dieselbe oder größere Leistung ermöglichen sollten, wie die aus Bambus gefertigten Fäden. Er löste Asphalt in Chloroform, behandelte mit verdünnter Salpetersäure, erhitzte, destillierte das Chloroform ab, löste nochmals in Chloroform, behandelte mit stärkerer Säure und destillierte wieder. Der Rückstand war bei entsprechender Verdünnung der Säure hellbraun, dagegen infolge Bildung eines sekundären Produktes, schwarz, wenn die Säure zu stark war. Der schwarze Körper ließ sich, da er sich in Alkohol löste, abscheiden, indem man in Chloroform löste und Alkohol zufügte, wodurch die hellbraune Substanz rein gefällt wurde. Dieselbe verkohlte beim Erhitzen, ohne aufzuschwellen oder zu verpuffen, zu einer sehr harten dichten Kohle, wogegen sie sehr stark verpuffte, wenn sie noch Spuren der schwarzen Substanz enthielt. Der braune Körper ist unlöslich in den meisten gewöhnlichen Lösungsmitteln, löst sich aber in Chloroform und einigen ätherischen Ölen, wie Birkenöl. Beim

---

[1]) D. R.-P. Nr. 93309; Chem. Ind. 1897, S. 508. — [2]) D. R.-P. Nr. 132661 vom 24. Februar 1901. — [3]) Chem. News 1892, 65, 136.

Verreiben mit Chloralhydrat erhielt man eine dicke Paste, welche man zu Fäden ausspritzte. Letztere schrumpften beim Verkohlen bei sehr hoher Temperatur beträchtlich zusammen und gaben einen Kohlefaden, der wesentlich billiger und dauerhafter war, als die bisher benutzten. Der Faden war so elastisch, daß er in einen Knoten von 1/32 Zoll (1 engl. Zoll = 2,54 cm) geschlungen werden konnte, und zugleich so stark, daß er wie eine Nadel die Haut durchdrang.

Ob dieses Verfahren praktisch ausgeführt wird, ist nicht bekannt geworden; jedenfalls ist der Gegenstand aber interessant genug, um eingehender verfolgt zu werden.

In der Elektrotechnik (speziell in der Galvanoplastik) finden natürlich auch die später zu beschreibenden Asphaltlacke als isolierende und gegen die Einwirkung der Chemikalien schützende Überzüge weitgehendste Anwendung.

2. Asphalt als Surrogat in der Gummiwarenfabrikation.

Der verhältnismäßig hohe Preis, zu dem der natürliche Kautschuk verkauft wird, hat sehr bald auch Surrogate für denselben („Factice" genannt) auf den Markt gebracht, welche zwar kaum als solche zur Herstellung von Gummiwaren verwendet werden, aber in größerer oder geringerer Menge bei der Erzeugung billiger Artikel, bei denen es auf eine große Dauerhaftigkeit nicht ankommt, dem zu verarbeitenden natürlichen Kautschuk vor dem Vulkanisieren zugesetzt werden. Man erzeugt diese Surrogate in der Regel aus trocknenden oder leicht verharzenden Ölen, welche durch Eindampfen an der Luft noch besonders eingedickt, durch oxydierende Substanzen verharzt und in einen kautschukähnlichen Zustand gebracht werden. Es sind vor allem gekochtes Leinöl, sogenannter Leinölfirnis und schweres, dickes Harzöl, welche in dieser Surrogatindustrie Verwendung finden, gleichzeitig mit einem mehr oder minder großen Zusatz von Harzen oder Asphalt, welche das Produkt noch verbilligen und ihm angeblich erst die richtige Konsistenz und Elastizität verleihen.

Wenn einzelne dieser Produkte auch einen hohen Grad der Vollkommenheit erreichen, so sind sie doch weder in bezug auf Elastizität, noch besonders auf ihre Beständigkeit dem natürlichen Produkt ebenbürtig; aber sie lassen sich, wie dieses vulkanisieren und sind daher wohl geeignet, in passender Mischung mit natürlichem Kautschuk diesen in billigeren Gummiwaren zu ersetzen.

Ein sehr brauchbares Produkt soll man erhalten, wenn man ein Gemisch von Leinöl und Harzöl unter Zusatz von gereinigtem Trinidadasphalt oder Steinkohlenteerpech über freiem Feuer zu einem dicken Firnis einkocht und diesen dann in offenen Steingutschalen mit verdünnter Salpetersäure so lange erhitzt, bis diese nahezu verschwunden ist. Ein wiederholtes Auskochen der Masse mit Wasser oder schwachen Alkalilösungen soll ein Produkt hinterlassen, welches sich nur wenig von natürlichem Kautschuk unterscheidet. Die Mengenverhältnisse der einzelnen Bestandteile hängen von der Beschaffenheit des verwendeten Harzöls und Asphalts ab. Das Kochen des Firnis erfolgt in Firnissiedekesseln, wie solche Andés[1]) beschrieben und abgebildet hat.

[1]) Die trocknenden Öle, S. 69. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn, 1882.

Nach F. Fenton (Engl. Pat. Nr. 16548 vom 24. Nov. 1896) mischt man trocknende Öle, wie Leinöl, Hanföl, Nußöl oder Kottonöl mit Teer oder ähnlichen Destillationsprodukten und behandelt die Mischung mit verdünnter Salpetersäure, zuerst bei gewöhnlicher Temperatur, dann in geheizten Pfannen, Platten oder dergleichen. Die so erhaltene elastische Masse kann vulkanisiert werden und dient als Kautschukersatz. Für künstliche Guttapercha mischt man vor der Salpetersäurebehandlung 1 bis 20 Proz. Schellack hinzu. Durch Zusatz von gelöschtem oder ungelöschtem Kalk erhält man härtere Massen. Das Verhältnis von Teer oder Pech zu Öl soll etwa 5 : 75 betragen; geringere Teerzusätze veranlassen die Bildung kautschukähnlicherer Körper.

Zühl und Eisenmann[1]) stellen einen Kautschuk- oder Guttaperchaersatz her, in dem sie Harze oder harzartige Körper, wie Pech und Asphalt, mit chinesischem Holzöl unter Erwärmung mischen und die Mischung nacheinander mit Chlorschwefel behandeln und mit Schwefel erhitzen; oder sie lösen in dem zuvor mit Chlorschwefel behandelten Holzöl das Harz, Pech oder den Asphalt auf; eine dritte Ausführungsform besteht darin, daß sie die Mischung von Harz, Asphalt oder Pech mit Holzöl längere Zeit auf 200 bis 300° erhitzen und dann vulkanisieren, oder daß sie dem Gemische noch Paraffin zusetzen und dann wie oben behandeln.

In einem Zusatzpatent setzen dieselben[2]) der Masse noch außerdem Kautschuk zu und ändern das Verfahren dahin ab, daß sie Kautschuk oder Kautschukabfälle in Naphtalin lösen, zur Lösung die im Hauptpatent angegebene Masse hinzufügen und dann das Naphtalin durch Wasserdampf abtreiben. Endlich geben sie noch eine Ausführungsform des Verfahrens, welche darin besteht, daß man Kautschuk oder Kautschukabfälle in Naphtalin löst, zur Lösung Holzöl, Harz, bzw. Asphalt, Pech und dergleichen hinzufügt und nach dem Abtreiben des Naphtalins mittels Wasserdampf den Destillationsrückstand vulkanisiert.

Kompositionen von Asphalt mit Kautschuk und Guttapercha sind schon seit langer Zeit bekannt, und es ist ein solcher Zusatz für die Fabrikation mancher Gummiartikel in kleinen Quantitäten und nicht über 10 Proz. nach der „Gummizeitung[3])“ auch erlaubt. Da aber der Asphalt ein sehr variables Material ist, so ist es nötig, die brauchbaren Varietäten auszusuchen. Der Schmelzpunkt des Asphalts sollte bei einem spez. Gewicht von 1,05 nicht unter 100° liegen, und es ist für die meisten Zwecke um so besser, je schwerer der Asphalt schmilzt. Für die Fabrikation von Gummischuhen kann auch ein Asphalt von niedrigerem Schmelzpunkt, der dann mit einem Mineral- oder Teeröl zu einer teigartigen Masse verarbeitet wird, ja selbst Steinkohlenteer[4]) unter Zusatz von Harz oder Wachs zum Schwarzfärben verwendet werden. Der Gebrauch derartiger Mischungen erfordert aber große Vorsicht, weil sonst leicht der Gummi für die spätere Bearbeitung oder Vulkanisierung zu weich wird.

Goodyear[5]) erhitzt die beiden Substanzen unter Wasser im geschlossenen Kessel bis zum Schmelzpunkt und vereinigt sie durch gutes Umrühren; es

[1]) D. R.-P. Nr. 119635. — [2]) D. R.-P. Nr. 119637. — [3]) 1902, S. 694. — [4]) Gummizeitung 1900, S. 35, 52 und 69. — [5]) Dingl. polyt. Journ. 148, 158.

können der Mischung nach dieser Behandlung beliebige Zusätze, auch Schwefel, eingeknetet werden, um die daraus hergestellten Gegenstände zu vulkanisieren.

Sorel[1]) schmilzt in einem Kessel 2 Tle. Kolophonium, 2 Tle. Asphalt oder Pech, 8 Tle. Harzöl unter Umrühren zusammen und versetzt das Gemisch nach und nach mit einem Brei aus 6 Tln. Kalkhydrat und 3 Tln. Wasser. Unter beständigem Umrühren werden darauf 12 Tle. feingeschnittener Guttapercha, und sobald das ganze Gemisch flüssig geworden ist, 10 Tle. Ton möglichst innig zugemischt. Darauf wird mehr Wasser zugegeben, zum Kochen erhitzt und die Masse unter Wasser so lange zerteilt und zusammengeknetet, bis sie gänzlich homogen geworden ist. Hierauf wird sie getrocknet und ein Walzwerk passieren lassen.

Künstlichen Kautschuk erzeugt G. Verberckmoes[2]), indem er ein Gummisurrogat, bestehend aus etwa 40 Proz. in heißem Wasser gelöster Gelatine, etwa 25 Proz. Glyzerin, 3 Proz. Kalkphosphat, 1 Proz. Tanninlösung und etwa 6 Proz. Asphalt, in heißem Zustande in geeigneter Weise gemischt, vermittelst einer konsistenten Masse, welche aus etwa 6 Proz. konzentrierter Sodalauge, etwa 5 Proz. Ölsäure und etwa 89 Proz. rohem St. Champ-Öl (Destillationsprodukt aus dem bei Ain, Frankreich, vorkommenden bituminösen Material) besteht, mit natürlichem Kautschuk vereinigt.

Punshon[3]) erhitzt Ozokerit, Asphalt und ähnliche Stoffe mit 25 Proz. oxydiertem Öl und 5 Proz. Schwefel längere Zeit auf 95° und verarbeitet die Masse dann weiter wie Kautschuk.

Nach G. H. Lang[4]) hat sich die nachstehende Komposition als ein der Guttapercha in ihren Eigenschaften nahezu gleichwertiges Material erwiesen:

Besonders präparierter Asphaltgoudron . . .	45 Proz.
Kolophonium	40 „
Terpentinöl	10 „
Leinöl	5 „

Dem zum Kochen erhitzten Goudron wird zunächst das Kolophonium zugegeben, und wenn beide Stoffe innig gemischt sind, das Terpentinöl und schließlich das Leinöl. Die Masse wird darauf nochmals stark gekocht und kann, je nach dem Verwendungszweck, in beliebigen Härtegraden hergestellt werden.

Eine Reihe von Kompositionen geht von künstlichem Asphalt aus, doch wollen wir dieselben, weil sie und wohl mit mehr Erfolg auch für das natürliche Bitumen anwendbar sind, der Einfachheit halber hier gleich mitteilen. Dodge[5]) verwertet Gummiabfälle auf ein brauchbares Surrogat, indem er dieselben erst fein zerteilt und dann durch erhitzte Walzen laufen läßt, um Blätter daraus zu bilden, denen darauf 20 Proz. Harz oder Pech oder 40 Proz. Steinkohlenteer im Walzwerk inkorporiert werden können.

Zur Herstellung harter, nicht elastischer Gegenstände, wie Stock- und Schirmgriffe, empfiehlt Goodyear 1 Tl. Kautschuk, $^1/_4$ Teil Schwefel, $^1/_2$ Tl.

---

[1]) Dingl. polyt. Journ. 137, 211. — [2]) D. R.-P. Nr. 113638 vom 30. Aug. 1898. — [3]) Engl. Pat. 1958 von 1885; Dingl. polyt. Journ. 261, 228. — [4]) D. R.-P. Nr. 121316 vom 10. Aug. 1899. — [5]) Dingl. polyt. Journ. 152, 160.

Magnesia, 1/2 Tl. Steinkohlenteerpech, 1/2 Tl. Goldschwefel. Ähnliche Kompositionen hat auch A. G. Day[1]) angegeben. Als Guttaperchaersatz empfiehlt Sorel[2]) noch folgende Verhältnisse: 8 Tle. Pech, 4 Tle. Harzöl, 6 Tle. Kalkhydrat mit Wasser angerührt, 16 Tle. Guttapercha, oder 12 Tle. Pech, 6 Tle. Kalkhydrat, 16 Tle. Guttapercha, oder 12 Tle. Steinkohlenteer, 6 Tle. Kalkhydrat, 16 Tle. Guttapercha.

W. Gelinek[3]) hat sich einen Ersatz für Hartgummi patentieren lassen, der sich wie dieses verarbeiten läßt. Die Herstellung des Materials zerfällt in zwei Teile: 1. die Gewinnung der Imprägnierungsmasse, 2. die Verarbeitung derselben mit einem Faserstoff. Beispielsweise wird käuflicher Steinkohlenteer durch längeres Erhitzen auf 140° von Feuchtigkeit und leichten Kohlenwasserstoffen befreit; 63 Proz. dieses Teers werden dann mit 16,5 Proz. Kolophonium und 8 Proz. gelöschtem Kalk versetzt, worauf man 5,5 Proz. gemahlenen Asbest, 2,5 Proz. Kaolin und 4,5 Proz. Infusorienerde zusetzt. Das Mischen dieser Materialien mit dem Teer erfolgt zweckmäßig bei bis zu 140° ansteigender Temperatur. Die so erhaltene Masse wird bei 140 bis 150° mit dem gleichen Gewicht zerkleinerter Fasermasse versetzt und durchgearbeitet, bis sie von knetbarer, homogener Beschaffenheit ist. Man packt das Material möglichst heiß in Metallformen, in welchen es einem hohen Druck ausgesetzt wird. Nach dem Erkalten ergibt sich ein festes, einheitliches Material, in dem die Struktur des Faserstoffs mit freiem Auge nicht erkenntlich ist und das sich wie Hartgummi bearbeiten läßt.

Weitgehendste Anwendung finden Kautschuk und Guttapercha zur Herstellung von wasserdichten Geweben. Für viele technische Zwecke ist aber die Verwendung des natürlichen Produkts zu kostspielig und man ersetzt es durch Surrogate, in welchen der Zusatz von Kautschuk nur den Zweck hat, den Überzug elastisch zu erhalten und vor dem Brüchigwerden zu schützen. Goodyear[4]) setzte Steinkohlenteer zu, den er bis zur Konsistenz des Burgunderharzes einkochte, ihn mit einem entsprechenden Zusatz von Kautschuk versah und das fertige Produkt ganz ähnlich wie Kautschuk, aber unter Verwendung von etwas mehr Schwefel vulkanisierte.

C. Baswitz[5]) tränkt derartige Gewebe mit einer Lösung von Asphalt in Benzin, welche bei 20 Proz. Asphalt 2 Proz. Vaselin zur Erhöhung der Geschmeidigkeit und daneben noch fettlösliche Anilinfarben, wie Nigrosin oder Ledergelb, enthält. Nach einem Zusatzpatent[6]) gibt er zur Erleichterung der Aufnahmefähigkeit für Vaselin und zur Erzielung einer größeren Wasserdichtigkeit und Elastizität noch einen Zusatz von Paraffin, Stearin oder Wachs im Verhältnis von 5,2 Tln. Paraffin, 4,2 Tln. Vaselin, 80,2 Tln. Benzin auf 10,4 Tle. Asphalt.

Diese, wie alle anderen sonst bekannten Dichtungsverfahren für Gewebe

---

[1]) Muspratt, Techn. Chemie, 4. Aufl., 4. Bd., S. 1185. — [2]) loc. cit. — [3]) D. R.-P. Nr. 119759. — [4]) Muspratt, Techn. Chemie, 4. Aufl., 4. Bd., S. 1169. — [5]) D. R.-P. Nr. 94172; Wagners Jahresber. 1897, S. 1092. — [6]) D. R.-P. Nr. 100700.

setzen indessen zum Gelingen der Dichtung ein mehr oder weniger engmaschiges Gewebe voraus; es ist aber von großer Wichtigkeit, auch weitmaschige Gewebe dicht zu machen, z. B. Jutegewebe, welche zum Abdecken von Gütern oder in Form von Säcken zur Aufnahme feinpulveriger Waren dienen sollen. Ein zu diesem Zweck geeignetes Mittel zeigt nach Baswitz[1]) folgende Zusammensetzung: 10 Tle. Asphalt, 10 Tle. Zellulose, 5 Tle. Leim, 1 Tl. Chromalaun, 8 Tle. Teeröl, 16 Tle. Benzol und 50 Tle. Wasser. Die sämtlichen Bestandteile werden zu einer Emulsion verarbeitet, mit welcher das Gewebe imprägniert wird.

3. Firnisse, Lacke und Farben aus Asphalt.

Firnisse und Lacke sind im allgemeinen Lösungen von Harzen und Gummiharzen mit oder ohne Zusatz färbender Substanzen, welche fähig sind, beim Verdampfen oder Eintrocknen des Lösungsmittels die aufgelöste Substanz in Form einer glänzenden (seltener matten) Schicht von mehr oder minder großer Festigkeit zu hinterlassen. Ist diese Schicht durchsichtig, so bezeichnet man das Produkt als „Firnis“, ist sie dagegen gefärbt und deckend, so nennt man das sie erzeugende Anstrichmittel einen „Lack“. Durch die Anwendung der Firnisse und Lacke sucht man verschiedene Zwecke zu erreichen: entweder beabsichtigt man, einer Oberfläche Glanz und Farbe und dadurch ein gefälliges Äußere zu geben, oder man will irgend einen Gegenstand gegen äußere Einflüsse (Rost u. dgl.) schützen, oder endlich, man will ihn (namentlich wenn von Metall) gegen den elektrischen Strom isolieren.

Gute Firnisse und Lacke sollen daher folgende Eigenschaften besitzen: 1. nach dem Trocknen sollen sie glänzend (hauchfrei) bleiben und weder ein fettes, noch ein mattes Aussehen haben; 2. sie sollen an der Oberfläche der damit versehenen Gegenstände innig ankleben und sich, auch beim Biegen derselben, nicht abschuppen und diese Eigenschaft jahrelang beibehalten und 3. sollen sie möglichst schnell trocknen, ohne daß dadurch die Härte und Elastizität des Überzugs nachteilig beeinflußt wird.

Als schichtgebende Harze verwendet man bei der Lackfabrikation Kopal, Bernstein, Terpentin, Dammarharz, Mastix, Sandarak, Schellack, Benzoeharz, Fichtenharz und Asphalt; als färbenden Bestandteil alle natürlichen oder künstlichen Farben und Farbstoffe in löslicher oder unlöslicher Form, als Lösungsmittel Leinöl, Terpentinöl, Holzöl (Pinolin), Azeton, Äther, Alkohol, leichte Mineralöl- und Teerdestillate und sonstige trocknende Öle. Je nach der Natur des Lösungsmittels unterscheidet man drei Arten von Firnissen und Lacken, und zwar 1. Spirituslacke (-firnisse), 2. Terpentinölfirnisse (-lacke) und 3. fette Lacke oder Lackölfirnisse. Da, wie wir gesehen haben, der Asphalt in Alkohol nicht löslich ist, so haben wir es hier nur mit den beiden letzten Varietäten zu tun. Da dieses Werk ausschließlich den Asphalt betrifft, können wir uns auf die Einzelheiten der Lackfabrikation nicht einlassen und beschränken uns auf die Wiedergabe der bekannt gewordenen Vorschriften.

[1]) D. R.-P. Nr. 127582 vom 17. Juni 1900.

Zur Herstellung feiner Asphaltlacke kann man sich nur der besten und härtesten Qualitäten natürlichen Asphalts bedienen; obenan und auch im Preis am höchsten steht der syrische Asphalt, ihm folgen der kubanische und der amerikanische Asphalt. Erdiger Asphalt, wie z. B. der von der Insel Trinidad, ist infolge seines hohen Gehalts an mineralischen Verunreinigungen gar nicht oder nur zu geringen Qualitäten von Asphaltlack zu gebrauchen; für die billigeren Sorten von Asphaltlack, an welche nicht so hohe Anforderungen gestellt werden, ersetzt man den natürlichen Asphalt entweder teilweise oder ganz durch eines der Kunstprodukte, und wir werden später noch ganz billige Lacksurrogate, die ausschließlich aus Produkten des Steinkohlenteers hergestellt sind, kennen lernen.

Nach R. Wagner[1]) stellt man Asphaltlack aus syrischem Asphalt auf folgende Weise her: Man kocht 29 kg Leinöl in einem eisernen Kessel bei gelindem Feuer, setzt 5 kg Asphalt, welcher geschmolzen und mit 10 kg Leinöl gemischt ist, zu und wiederholt den gleichen Zusatz noch dreimal. Unter Umrühren versetzt man den Kesselinhalt darauf allmählich mit $3^1/_2$ kg Mennige, $3^1/_2$ kg Bleiglätte und $1^1/_2$ kg Zinkvitriol und läßt die Masse einige Stunden lang kochen bis eine herausgenommene Probe nach dem Erkalten sich leicht zu Pillen drehen läßt. Das fertige Produkt versetzt man mit 140 kg Terpentinöl und läßt es ein feines Drahtsieb passieren.

Dumas[2]) gibt folgende Vorschrift: Man nehme 500 Tle. gekochtes Leinöl und setze zu:

Geschmolzenen Bernstein . . .	je 15 Tle.
Sandarak	
Mastix	
Kolophonium	
Lack	
Asphalt	je 20 Tle.
Schwarzes Pech	
Terpentin	60 Tle.

Man schmelze alle Harze, setze das Öl hinzu, lasse fünf Minuten lang kochen und filtriere.

Eine andere Vorschrift für einen Asphalteisenlack lautet[3]): 4 kg Asphalt werden in einem Kessel unter Zusatz von 7,2 Liter gekochtem Leinöl, 0,5 kg Bleiglätte, 0,25 kg Zinksulfat und 0,75 kg schwarzem Bernstein geschmolzen und eingedickt. Zum Gebrauch wird die Masse mit einer entsprechenden Menge Terpentinöl verdünnt.

Nöthling[4]) gibt für den gleichen Zweck nachstehende Vorschrift an: Man schmilzt 2 Tle. Asphalt und setzt diesem $^1/_2$ Tl. Kolophonium zu. In das geschmolzene Gemisch werden 5 Tle. Leinölfirnis (100 Tle. kochendes Leinöl und 11 Tle. Silberglätte) allmählich unter Umrühren gemischt, ohne

[1]) Theorie und Praxis der Gewerbe. Leipzig 1864, 5. Bd., S. 203. — [2]) Handbuch der angew. Chemie. Deutsch von L. A. Buchner. Nürnberg 1846, Bd. 7, S. 486. — [3]) Chemiker-Kalender (Biedermann) 1902, Beilage, S. 474. — [4]) Der Asphalt, S. 247.

daß dabei die Masse aus dem Kochen gebracht wird. Während dieser Zeit schmilzt man anderseits 1 Tl. Bernstein mit $^3/_8$ Tln. Leinölfirnis und setzt diese Mischung der ersteren zu. Nach erfolgter guter Mischung ist der Kessel vom Feuer zu nehmen, worauf der Inhalt mit 5 Tln. Terpentinöl verdünnt und durch Baumwolle filtriert wird.

Auf 1 Tl. Asphalt nimmt man 0,75 Tle. Terpentinöl und 0,167 Tle. Leinölfirnis. Man schmilzt zuerst den Asphalt, setzt dann den heißen Leinölfirnis und nach entsprechender Abkühlung das Terpentinöl zu.

Die folgenden Rezepte sind von Thenius angegeben worden[1]):

20 kg Steinkohlenteerasphalt,
20 „ amerikanischer Asphalt,
20 „ amerikanisches Kolophonium,
10 „ Leinölfirnis,
2 „ Braunstein,
2 „ kalzinierter, fein zerriebener Ölruß,
10 „ rektifiziertes Terpentinöl,
10 „ leichtes Steinkohlenteeröl,
20 „ einmal gereinigtes Benzin.

Man schmilzt zunächst den amerikanischen Asphalt und setzt dann das Kolophonium zu; wenn sich beide Substanzen vereinigt haben, wird das Steinkohlenteerpech eingetragen und schließlich der mit dem Leinölfirnis aufs feinste abgeriebene Ölruß. Die noch flüssige, aber schon etwas erkaltete Masse löst man nach und nach in dem leichten Steinkohlenteeröl, Benzol und Terpentinöl auf und filtriert den fertigen Lack durch Werg.

Einen „sehr vorzüglichen“ und dauerhaften Asphaltlack für Kutschen, Wagen, namentlich Eisenbahnwaggons, erhält man wie folgt: Man schmilzt zunächst 10 kg westindischen Kopal, setzt dann 10 kg amerikanisches Kolophonium und ferner 10 kg natürlichen Asphalt, 10 kg Steinkohlenteerpech, 2 kg gelbes Wachs und 2 kg venetianischen Terpentin zu; wenn diese Substanzen geschmolzen sind und die Masse gleichmäßig vom Rührscheit abläuft, gibt man nach und nach 2 kg schweres Harzöl, 10 kg Leinölfirnis, 10 kg Terpentinöl und 10 kg einmal gereinigtes Benzol zu. Falls der Lack zu dick ausfällt, kann man ihn schließlich noch mit 5 bis 10 kg Benzin verdünnen.

Einen guten Asphaltlack für Gußeisen erhält man nach dem „Metallarbeiter“[2]) wie folgt: In 40 Tln. Benzol löst man auf dem Wasserbad 60 Tle. gepulverten Asphalt, zieht die Lösung nach entsprechendem Kochen von dem mineralischen Absatz ab und versetzt sie mit einer Auflösung von $2^1/_2$ Tln. Kopaivabalsam und 5 Tln. Elemiharz in Benzol.

Man erhält auch durch Auflösung von Asphalt in Benzol oder Toluol, oder leichten Mineralöldestillaten an Stelle des Terpentinöls sehr brauchbare und schöne Lacke, welche aber im allgemeinen nicht die hohe Elastizität und Widerstandsfähigkeit wie die Lacköl- oder Terpentinölfirnisse besitzen, aber für viele Zwecke die gleichen Dienste leisten wie diese.

[1]) Verwertung des Steinkohlenteers. Wien 1878, S. 129. — [2]) Köthling, Der Asphalt, S. 249.

Elastischer Asphaltfirnis wird nach Nöthling[1]) hergestellt, indem man $1/8$ Tl. Kautschuk in 2 Tln. Terpentinöl oder leichtem Mineralöl (Petroleum) auflöst und einer Lösung von 2 Tln. Kopal in 1 Tl. Leinölfirnis zusetzt. Zu dieser Mischung fügt man dann noch eine Lösung von 2 Tln. Asphalt in 3 bis 4 Tln. Leinölfirnis, verdünnt mit 8 bis 10 Tln. Terpentinöl und filtriert.

Nach Thenius[2]) verfährt man zur Bereitung eines guten Lederasphaltlacks zum Auftragen auf einen Grundlack derart, daß man 20 kg Leinöl nach und nach mit 4 kg Braunstein versetzt und einige Stunden siedet, bis das Leinöl hinreichend dick geworden ist. Man entfernt den Kessel vom Feuer, läßt absitzen und filtriert durch Werg. Dann schmilzt man 5 kg amerikanischen Asphalt, 5 kg Steinkohlenteerasphalt, 5 kg amerikanisches Kolophonium, 1 kg gelbes Bienenwachs und 1 kg Paraffin zusammen, setzt der geschmolzenen Masse nach und nach obigen Leinölfirnis zu und läßt weitere zwei Stunden sieden, bis die Flüssigkeit vollkommen homogen geworden ist. Darauf folgt ein Zusatz von 1 kg feinst pulverisierten Berlinerblaus, wonach das Kochen so lange fortgesetzt wird, bis der Firnis beginnt braune Dämpfe auszustoßen. Sobald eine Probe der Masse nach dem Erkalten sich in Fäden ziehen läßt und auf Papier keinen Fettfleck am Rand mehr zeigt, ist der Sud fertig. Man entfernt das Feuer, läßt etwas abkühlen und fügt dann nacheinander 5 kg rektifiziertes französisches Terpentinöl, 5 kg Benzol und zuletzt 5 kg absolut trockenes Chloroform hinzu. Der Lack wird, solange er noch warm ist, durch Werg filtriert; er trocknet außerordentlich schnell, zeigt tief blauschwarze Farbe und einen ausgezeichneten Glanz.

Ähnliche Kompositionen benutzen auch die Kupferstecher und Graveure zum Überziehen ihrer Platten. Dumas[3]) gibt dafür folgende Zusammenstellungen an:

	1	2	3
Gelbes Wachs	46	30	120
Mastix	30	30	30
Asphalt	15	15	60
Bernstein	—	—	30

Zur Herstellung des Ätzgrundes bei Radierungen eignen sich nach Nöthling[4]) folgende Mischungen:

	1	2	3
Syrischer Asphalt	2	$5^1/_2$	4
Gelbes Wachs	1	18	4
Kolophonium	nach	3	2
Terpentinöl	Bedarf	—	—
Mastix	—	9	—
Talg	—	$1^1/_2$	—
Burgunder Pech	—	—	1

[1]) loc. cit. S. 248. — [2]) loc. cit. S. 131. — [3]) loc. cit. S. 487. — [4]) loc. cit. S. 280.

Die Bestandteile werden zusammengeschmolzen, in Formen gegossen und vor der Verwendung in Terpentinöl gelöst.

Spezielle Vorschriften über die Herstellung der verschiedenen Firnis- und Lacköle gibt Andés [1]), auf welche wir bezüglich aller Einzelheiten verweisen müssen.

Als Malerfarbe in der Kunstmalerei spielt der Asphalt nur eine sehr untergeordnete Rolle, weil er in Ölen und Firnissen durchschlägt und die lichten Töne dadurch störend beeinflußt. Nur das Asphaltbraun (ein dünner Asphaltlack, welcher, wie bekannt, braun durchschimmert) kann, in geringen Mengen mit anderen Farben vermischt, zu Schatten, Lasuren, sowie zur Untermalung benutzt werden, vorausgesetzt, daß er nur in dünner Lage verwendet wird. Eine Vorschrift zur Herstellung desselben gibt F. Tolmey [2]).

Nach Mothes [3]) kann man Asphaltbraun als Ölfarbe herstellen, wenn man 60 Tle. Lackharz mit 15 Tln. Terpentinöl zusammenschmilzt, indem man das Harz in kleinen Portionen einträgt. Hierauf setzt man 90 Tle. Asphalt und darauf 240 Tle. beinahe siedendes Leinöl und endlich 30 Tle. weißes Wachs zu. Man gießt die zusammengeschmolzene Masse auf einen Farbstein und reibt sie mit dem Läufer ab. Sie trocknet in 24 Stunden.

Nach Th. Niederländer [4]) dürfte der Asphalt in der Malerei stets eine zweifelhafte Rolle spielen; er wird immer mit Vorsicht angewandt werden müssen, auch wenn es gelingt, ihn mit Anwendung von Lösungsmitteln von seinen unangenehmen Eigenschaften zu befreien.

Die Verwendung der Extraktionsrückstände für sich dürfte nicht angängig sein, da sie des schönen Lasurtones entbehren, den man am Asphalt so sehr schätzt. Dagegen lasieren einige Extrakte sehr schön; trotzdem sind sie unverwendbar, da sie nicht trocknen oder immer klebrig bleiben. So entzieht heißer Alkohol dem Asphalt $4^1/_2$ Proz. einer schön lasierenden, schmierigen Masse, die zwar nach einiger Zeit dick wird, aber selbst nach einem Jahre noch klebrig ist. Der Rückstand der Alkoholextraktion kann verwertet werden durch Zusammenschmelzen von 3 Tln. desselben mit 1 Tl. gepulvertem Bernsteinharz; es resultiert ein Produkt, das, mit Leinöl angerieben, fast gleich schönen Lasurton besitzt wie der ursprüngliche Asphalt. Alkohol entzieht also dem Asphalt einen großen Teil seiner lästigen Eigenschaften. Durch Behandeln mit Petroleumbenzin werden dem Asphalt 40 Proz. Extrakt entzogen, das sehr schön lasiert, mit Leinöl und für sich gut auftrocknet, ohne klebrig zu werden, und sich deshalb zu Versuchen wohl empfehlen dürfte. Die Äther- und Azetonextrakte bleiben immer klebrig; überhaupt dürfte es sich in der Regel nicht empfehlen, Extrakte zu verwenden. Nach der Meinung Niederländers soll Asphalt möglichst wenig zur Malerei Verwendung finden.

---

[1]) Die trocknenden Öle. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn, 1882. — [2]) Dingl. polyt. Journ. 257, 212. — [3]) Baulexikon. — [4]) Chem.-Ztg. 1893, S. 1507.

4. Der Asphalt in der Reproduktionstechnik.

Eine der vom wissenschaftlichen Standpunkt bemerkenswertesten, leider aber noch gar nicht in ihrem Wesen aufgeklärten Eigenschaften des natürlichen Asphalts (besonders des syrischen) ist seine Lichtempfindlichkeit. Die Lichtempfindlichkeit des Asphalts dokumentiert sich dadurch, daß derselbe, in Lösung in dünner Schicht auf Platten gestrichen und nach dem Trocknen der Einwirkung des Lichts ausgesetzt, nach längerer Exposition die Fähigkeit verliert, in dem Lösungsmittel, in dem er vorher aufgelöst war, sich wieder aufzulösen oder wenigstens eine gewisse Schwerlöslichkeit gegen dasselbe annimmt. Nicéphore Nièpce war der erste, welcher (schon im Jahre 1814) es verstanden hat, von dieser Eigenschaft in photographischem Sinne Gebrauch zu machen. Er löste Asphalt in Lavendelöl und überzog mit dieser Lösung Metallplatten, die er nach dem Trocknen mit der zu vervielfältigenden Zeichnung bedeckte und sie unter derselben dem Licht aussetzte. Bei der bekannten Transparenz des (namentlich geölten) Papiers treten die Lichtstrahlen leicht durch dasselbe hindurch und verwandeln den Asphalt in die unlösliche Modifikation, während die durch die Striche der Zeichnung usw. abgedeckten Stellen vor der Einwirkung des Lichts geschützt bleiben und sich nach wie vor in dem betreffenden Lösungsmittel auflösen. Beim Übergießen der belichteten Fläche mit ätherischem Öl geht demnach nur der nicht belichtete Teil der Schicht in Lösung und man erhält bei geeignetem Verfahren eine Kopie der Zeichnung in metallischen Strichen auf dem Asphaltgrund, die man ätzen und in bekannter Weise auf der Kupferdruckpresse vervielfältigen kann. Derartige Abdrücke, welche Nièpce Heliographien (Sonnendrucke) nannte, haben aber erst mit dem Fortschreiten der Lichtbildkunst an Bedeutung gewonnen und werden heute mit vollendeter Technik hergestellt.

Wir haben es hier lediglich mit der Ursache der Lichtempfindlichkeit des Asphalts, bzw. mit der Herstellung lichtempfindlicher Asphalte zu tun. Man hat angenommen, daß das Unlöslichwerden des Asphalts bei der Belichtung, ähnlich wie die Schwärzung des Chlor-, Brom- und Jodsilbers, auf einer photochemischen Reaktion, zumal einer Oxydation des in dünner Schicht aufgetragenen Asphalts beruht und sich dabei offenbar von der herrschenden Ansicht leiten lassen, daß auch der Asphalt selbst ein Oxydationsprodukt erdölartiger, schwerer Kohlenwasserstoffe ist, dessen Oxydation noch nicht bis zum Ende vorgeschritten ist. Man weiß heute kaum mehr als früher über diesen Vorgang.

R. Kayser[1]) hat versucht, denselben aufzuklären, und namentlich festzustellen gesucht, ob demselben ein Oxydationsvorgang zu Grunde liegt. Er exponierte asphaltierte Platten in zerstreutem Tageslicht, wie auch im Sonnenlicht bis zu völliger Unlöslichkeit der Schicht in Chloroform, konnte aber, trotzdem die Platten 0,3 bis 0,5 g Asphalt enthielten, keine Spur einer Gewichts-

[1]) Untersuchungen über natürliche Asphalte, S. 24.

zunahme bei dem Vorgang wahrnehmen. Er schließt daraus, daß eine Oxydation des Asphalts als ausgeschlossen zu betrachten ist, und ist geneigt, die Einwirkung des Lichts durch eine molekulare Umlagerung in den Bestandteilen des Asphalts zu erklären; als Beispiel führt er die Umwandlung von Lösungen des Anthrazens in Paranthrazen unter der Einwirkung des Sonnenlichts an, was um so zutreffender erscheint, als auch der unlösliche Asphalt, ähnlich wie das Paranthrazen, beim Überschmelzen wieder in die normale Modifikation übergeht. Wenn auch dem angeführten Kayserschen Expositionsversuch eine wissenschaftliche Beweiskraft nicht zugesprochen werden kann, so geht aus der Rückverwandlung des unlöslichen Asphalts in löslichen beim Schmelzen zur Genüge hervor, daß ein Oxydationsvorgang nicht die Ursache der Veränderung durch Lichtstrahlen sein kann. Man wird vielmehr mit allem Grund annehmen dürfen, daß durch die Einwirkung des Lichts ein Polymerisationsvorgang ausgelöst wird, analog wie bei dem von Kayser angeführten Beispiel des Paranthrazens.

Zur Herstellung lichtempfindlicher Asphaltlösungen sind folgende Vorschriften bekannt geworden: A. Prince[1]) zieht die natürlichen Asphalte mit Schwefelkohlenstoff oder Benzol aus. Fortier und Gobert[2]) benutzen eine sehr dünne Lösung von Asphalt in Benzin. Despaquis[3]) verwendet zur Herstellung lichtempfindlicher Schichten auf Glas zum Zwecke späteren Ätzens eine Lösung von Asphalt in einer Mischung von 1 Tl. Chloroform und 3 Tln. wasserfreiem Benzin im Sommer, 1 Tl. Chloroform und 2 Tln. Benzin im Winter.

Nach Fichtner[4]) wählt man sich Asphalt, der bei 90° noch nicht schmilzt und sich schwer in Terpentinöl löst. Auf eine Mischung von 90 Tln. Benzol und 10 Tln. Lavendelöl nimmt man 5 Tle. Asphalt. Alle Materialien müssen vollkommen entwässert und das Benzol durch Rektifikation von seinen lichtempfindlichen Stoffen (?) befreit sein. Mit diesem Firnis werden Zinkplatten (ähnlich wie Glasplatten mit Kollodium) überzogen, im Dunkeln getrocknet und unter dem Negativ 25 bis 30 Minuten in der Sonne oder drei bis vier Stunden im Tageslicht belichtet. Durch Versuche muß die Empfindlichkeit der Platten vorher festgestellt werden. Das Entwickeln erfolgt durch Schwenken der belichteten Platten in einem Gemisch von 5 Tln. Petroleum und 1 Tl. Benzol. Nachdem die Weißen vollkommen rein sind, hält man die Platten unter einen Strahl fließendes Wasser, läßt sie im Lichte trocknen und ätzt mit verdünnter Salpetersäure.

Einen Asphalt von möglichst hohem Schmelzpunkt und fast absoluter Löslichkeit in zwischen 80 bis 100° siedendem Benzin oder Benzol verwendet Rodrigues[5]). Auf 100 g über Chlorkalzium getrocknetes Benzol nimmt er 8 g Asphalt und zur Verlangsamung der Verdunstung 3 g Lavendelöl.

[1]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1874, S. 1297. — [2]) Phot. Korr. 1874, S. 134. — [3]) Ebenda. — [4]) Photogr. Mitteilungen 1876, S. 259. — [5]) Siehe Kayser, loc. cit. S. 29.

Eine ähnliche Lösung empfiehlt auch Geymet[1]): 5 g echter syrischer Asphalt werden in 100 ccm Benzin gelöst, denen zwei Tropfen Lavendelöl zugesetzt worden sind. Die Lösung ist frisch zu verwenden, da sie nach längerem Stehen unempfindlich wird; die belichtete Platte wird mit Terpentinöl entwickelt.

Macpherson[2]) scheint der erste gewesen zu sein, der erkannt hatte, daß nicht alle Bestandteile des Asphalts gleich lichtempfindlich sind. Er extrahiert den gepulverten Asphalt mit Äther und benutzt nur den darin unlöslichen Teil.

R. Kayser[3]) hat eingehende Untersuchungen über die Lichtempfindlichkeit verschiedener Asphaltextrakte angestellt. Zu seinen Versuchen benutzte er syrischen Asphalt und Asphalt von Trinidad, und zwar den in Alkohol und in Äther löslichen und den in letzterem unlöslichen Teil. Aus diesen Versuchen ergibt sich, daß die Träger der Lichtempfindlichkeit der beiden Asphaltarten die in Äther löslichen und unlöslichen Bestandteile sind, daß diese Eigenschaft jedoch in hervorragendem Maße dem in Äther unlöslichen, in beiden Asphalten vorkommenden Körper von der Zusammensetzung $C_{32}H_{42}S_2$ zukommt. Da in den Asphalten die Mischungsverhältnisse der einzelnen Bestandteile verschieden sind, so wird demnach derjenige Asphalt am lichtempfindlichsten sein, der den größten Gehalt an der Substanz $C_{32}H_{42}S_2$ aufzuweisen hat. Dieser Schluß wird durch den Versuch bestätigt, da der syrische Asphalt mit einem Gehalt von 52 Proz. an dieser Substanz weit lichtempfindlicher ist als der von Trinidad, welcher nur 38 Proz. davon enthält.

Auf Grund seiner Beobachtungen kommt Kayser zu dem Schluß, daß für die Praxis der syrische Asphalt dem von Trinidad vorzuziehen sein wird und daß man für die Folge diesem vor der Verwendung auch noch die äther- und alkohollöslichen Bestandteile noch entziehen wird, um nur den die stärkste Lichtempfindlichkeit besitzenden Bestandteil zu verwenden, wie dies ja auch Macpherson schon früher getan hatte.

Auch Husnik[4]) extrahiert feingepulverten und gesiebten, rohen Asphalt mit Äther, solange sich etwas davon löst. Nur das Ungelöste ist für den Asphaltprozeß tauglich und kann, in Benzol gelöst, zum Überziehen der Zinkplatten benutzt werden. Nach ihm ist es aber besser, den rohen Asphalt zuerst in Terpentinöl zu lösen und diese Lösung durch Schütteln mit Äther zu fällen; der filtrierte und mit Äther ausgewaschene Niederschlag ist dann in trockenem Benzol zu lösen, dem man zur Erhöhung der Geschmeidigkeit der Schicht $1^1/_2$ Proz. venetianischen Terpentin zusetzen kann. Wenn das benutzte Benzol wasserhaltig war, kann man es mit $^1/_3$ Proz. Chloroform versetzen.

Schon Nicéphore Nièpce[5]) hat es verstanden, den Asphalt bedeutend lichtempfindlicher zu machen. Er setzte seine Lösungen in einer halbgefüllten und nur lose verschlossenen Flasche etwa eine Stunde dem direkten Sonnenlicht oder fünf bis sechs Stunden dem zerstreuten Tageslicht aus und fand

[1]) Traité pratique de photogravure sur zinc et sur cuivre. Paris 1886. — [2]) Siehe Kayser, loc. cit. S. 29. — [3]) loc. cit. S. 27. — [4]) Photogr. Korresp. 1885, S. 123. Chem.-Ztg. 1885, 1, 821. — [5]) Vgl. Kayser, loc. cit. S. 29.

auch, daß der Asphalt bei längerer Exposition seine Lichtempfindlichkeit wieder verliert, wahrscheinlich, weil im ersten Fall der Polymerisierungsprozeß gerade eingeleitet worden, im letzteren dagegen sich bereits vollkommen vollzogen hat.

Nach einer Mitteilung in der Phot. Korr. 1889, S. 6 läßt sich syrischer Asphalt auf verschiedene Weise noch lichtempfindlicher machen, entweder durch eine Vorbelichtung seiner Lösung in einer Mischung von Benzol und Lavendelöl, die man einige Stunden dem Lichte aussetzt, oder auf chemischem Wege durch Behandlung des Asphalts in grob gepulvertem Zustande mit Chloroform zu einer dicklichen Flüssigkeit, welcher man das dreifache Volumen Äther zusetzt, tüchtig umschüttelt und einige Tage stehen läßt. Nach Abgießen des Äthers wäscht man den Rückstand noch mehrmals mit Äther und trocknet das zurückbleibende Harz im Dunkeln. Beim Gebrauch zum Überziehen der Zinkplatten werden 5 Tle. dieses Asphalts in 100 Tln. Benzol gelöst und etwas peruvianischer Balsam hinzugefügt. Nach einigen Vorschriften ist noch ein Zusatz von Lavendelöl, nach anderen von Anilinöl vorteilhaft.

Die Kayserschen Untersuchungen hatten zur Folge [1], daß man für die photographische Praxis den Asphalt in seine Bestandteile zerlegte und nur die lichtempfindlichsten verwendete, indem man sich entweder der von Kayser oder Husnik angegebenen Methoden bediente, oder den Asphalt in einer genügenden Menge Chloroforms löste und mit der drei- bis fünffachen Menge Äthers wieder ausfällte. Man kann daher auch alle diese Methoden gewissermaßen als Verfahren betrachten, den Asphalt lichtempfindlicher zu machen.

Ein auf einer chemischen Umwandlung der Asphaltsubstanz basierendes Verfahren zu diesem Zweck gab aber erst Valenta [2]). Es basiert auf den Untersuchungen Kaysers, welcher, wie wir gesehen haben, gefunden hat, daß der syrische Asphalt aus drei sauerstofffreien, schwefelhaltigen Harzen besteht, welche sich durch ihren Schwefelgehalt und ihre Löslichkeit in verschiedenen Lösungsmitteln unterscheiden und eine verschiedene Lichtempfindlichkeit besitzen, welche mit steigendem Schwefelgehalt größer wird. Das erste (α-Harz) ist in Alkohol löslich, nicht lichtempfindlich und besitzt die Formel $C_{32}H_{46}S$ (6,97 Proz. Schwefel); die beiden andern (β- und γ-Harz) sind in Alkohol unlöslich, lichtempfindlich und besitzen höheren Schwefelgehalt. Das β-Harz von der Formel $C_{64}H_{92}S_3$ ist in Äther löslich und enthält 10,04 Proz. Schwefel; das γ-Harz dagegen, welches die Zusammensetzung $C_{32}H_{42}S_2$ besitzt (Schwefelgehalt 13,06 Proz.) ist in Äther unlöslich, dagegen leicht löslich in Chloroform und ist der lichtempfindlichste Bestandteil des syrischen Asphalts.

Das Vorkommen der drei Schweflungsstufen nebeneinander, die man ja nicht als wohlcharakterisierte Individuen in rein chemischem Sinne anzusprechen braucht, scheint zu beweisen, daß es möglich ist, die beiden niedrig geschwefelten, nicht oder nur schwach lichtempfindlichen Stufen durch weitere Schwefelzufuhr in das hochgeschwefelte und stark lichtempfindliche Produkt überzuführen, eine

---

[1]) Vgl. Eder und Valenta, Chem. Ind. 1892, S. 482. — [2]) Phot. Korr. 1891, 28, 314; 1892, 29, 14. Chem.-Ztg. 1891, Rep., S. 234.

Annahme, deren Berechtigung in der Tat durch Valentas Versuche bewiesen worden ist.

Nach Valentas Verfahren wird syrischer Asphalt in höher siedenden Flüssigkeiten (Kohlenwasserstoffe der Benzolreihe, welche sich beim Kochen mit Schwefel nicht verändern) gelöst und unter Zusatz der nötigen Menge Schwefelblumen durch Erhitzen am Rückflußkühler behandelt. Valenta verwendete zuerst Toluol, dann Xylol und endlich das im Handel vorkommende rohe Cumol, welches einen Siedepunkt von ungefähr 170° besitzt. 100 g roher syrischer Asphalt werden mit der gleichen Menge Cumol, in welchem schon vorher 12 g Schwefelblumen gelöst worden sind, am Rückflußkühler gekocht. Die tiefbraun gefärbte Lösung entwickelt reichlich Schwefelwasserstoff. Wenn nach ungefähr drei- bis vierstündigem Kochen die Schwefelwasserstoffentwickelung nachgelassen hat, wird das Cumol abdestilliert und der pechartige Rückstand in Benzol gelöst, so daß auf 100 Tle. Benzol 4 Tle. des Rückstands kommen. Die Lösung kann direkt zum Präparieren der Zinkplatten verwendet werden. Es ist nicht nötig, mit dem Abtreiben des Cumols so weit zu gehen, daß der Asphalt in glasigem Zustande hinterbleibt; ein nicht zu großer Gehalt an Cumol beeinträchtigt keineswegs die Lichtempfindlichkeit der Schicht und gibt zu gleicher Zeit die Garantie, daß der Asphalt nicht überhitzt worden ist.

Die nähere chemische und spektroskopische Untersuchung des Präparats zeigte, daß das α-Harz verschwunden und vom β-Harz nur noch ein sehr geringer Teil vorhanden war, während sich die Menge des in Alkohol und Äther unlöslichen Teils beträchtlich vermehrt hatte. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, bei genügend langer Dauer der Einwirkung von Schwefel auf den rohen, syrischen Asphalt das ganze α- und β-Harz in höher geschwefelte, lichtempfindlichere Produkte umzuwandeln, was durch weitere Versuche auch bestätigt worden ist. Die nach kurzer Einwirkung vorgenommene spektroskopische Untersuchung der Reaktionsflüssigkeit zeigte, daß die für das α-Harz charakteristischen Absorptionsstreifen (s. später) verschwunden waren; es scheint also, daß das α-Harz vom Schwefel zuerst angegriffen wird.

Der chemische Vorgang bei Einwirkung des Schwefels auf den Asphalt dürfte folgender sein. Schon beim Erhitzen auf etwa 100° geht das α-Harz nach folgender Gleichung in das β-Harz über:

$$2\,(C_{32}H_{46}S) + S = C_{64}H_{92}S_{3}.$$

Hier fände also lediglich ein Zusammenschluß zweier Moleküle des α-Harzes unter gleichzeitiger Anlagerung von 1 Mol. Schwefel statt, was mit der Tatsache, daß erst in höherer Temperatur reichliche Schwefelwasserstoffentwickelung auftritt, gut übereinstimmt. Bei höherer Temperatur geht dann auch das β-Harz unter Austritt von Schwefelwasserstoff nach folgender Formel in das lichtempfindliche γ-Harz über:

$$C_{64}H_{92}S_{3} + 5\,S = 2\,(C_{32}H_{42}S_{2}) + 4\,H_{2}S.$$

Es scheint aber auch das γ-Harz noch Schwefel aufzunehmen und lichtempfindlicher zu werden, weil das nach dem Valentaschen Verfahren her-

gestellte Präparat, wie Versuche gezeigt haben, noch lichtempfindlicher ist, als das γ-Harz von Kayser.

Der auf diese Weise dargestellte sulfurierte Asphalt ist fast unlöslich in Äther, ziemlich leicht löslich in Benzol, Toluol, Xylol, Cumol und Terpentinöl. Zum Gebrauche löst man vier Teile (?) desselben in 100 ccm Benzol (nicht Benzin), filtriert die Lösung und verdünnt eventuell noch so weit, daß die Schicht, welche beim Aufgießen auf die Zinkplatte entsteht, goldgelb gefärbt erscheint. Eine halb- bis einstündige Belichtung der Lösung in offener Flasche und im direkten Sonnenlicht ist empfehlenswert.

Ähnlich verhalten sich nach Valenta [1]) auch gewisse Pflanzenharze gegen Schwefel; sie gehen unter Entwickelung von Schwefelwasserstoff in asphaltartige Körper über, welche außer den sonstigen physikalischen Eigenschaften dieser Substanzen auch die der Lichtempfindlichkeit zeigen. Offenbar spielt der Schwefelgehalt derartiger Körper eine Hauptrolle in bezug auf das Verhalten derselben dem Lichtstrahl gegenüber.

Schmilzt man gewöhnliches Kolophonium und trägt in das geschmolzene Harz Schwefel ein, so löst sich dasselbe zu einer klaren Masse. Beim Erhitzen dieses Gemisches auf 180° C tritt Gasentwickelung auf, die Masse bräunt sich, beginnt zu schäumen und entwickelt mit steigender Temperatur immer größere Mengen Schwefelwasserstoff. Bei 250° C geht die Gasentwickelung gleichmäßig vor sich, die Masse wird endlich tief braunschwarz und die Gasentwickelung hört auf. Das im Tiegel bleibende Harz ist fast schwarz, schwefelhaltig, pechartig und zeigt Eigenschaften, welche denen des syrischen Asphalts sehr ähnlich sind. Es löst sich nicht in Alkohol, sehr leicht in Chloroform und Benzol. Die Benzollösung dieses aus Kolophonium dargestellten künstlichen Asphalts ist braun gefärbt und hinterläßt, in dünnen Schichten auf Glas ausgegossen, beim Eintrocknen eine feste Lackschicht, die eine auffallende Lichtempfindlichkeit zeigt, und zwar ungefähr im selben Maße wie der syrische Asphalt, welcher in der Photographie zu heliographischen Metallätzungen verwendet wird.

Das in der Photolithographie und Photozinkographie öfters benutzte Asphaltpapier läßt sich nach M. Jaffé [2]) auf einfachste Weise wie folgt herstellen: Man bereitet sich die bekannte Lösung von syrischem Asphalt in Benzol und übergießt damit eine blanke Spiegel- oder Metallplatte, die vorher mit Talkum abgerieben worden ist. Nach dem Trocknen quetscht man ein feuchtes Gelatinepapier mit einem Kautschuklineal auf, trocknet wieder — natürlich werden alle diese Operationen in der Dunkelkammer ausgeführt — und zieht dann das Papier vorsichtig ab, wobei die lichtempfindliche Asphaltschicht auf demselben haften bleibt. Auf derartigem Papier kann man mit Leichtigkeit im gewöhnlichen Kopierrahmen Bilder jeden Formats kopieren, welche dann auf die bekannte Weise entwickelt werden können.

Neuerdings hat F. Albertine [3]) gefunden, daß der Asphalt bei sehr

---

[1]) Zentr.-Org. f. Warenkunde u. Technologie 1891, 1, 19. — [2]) Phot. Korr. 1889, S. 52. Chem.-Ztg. 1889, 1, Rep., S. 68. — [3]) Bull. della Fot. ital. 1898, p. 319. Chem. Ind. 1900, S. 145.

langer Belichtung in Alkohol löslich wird und hat darauf ein Verfahren gegründet, um Lichtpausen von Glasnegativen usw. auf Zinkplatten herzustellen, indem er die letzteren mit einer etwa 7 proz. Asphaltlösung überzieht, trocknen läßt und einige Stunden unter der betreffenden Zeichnung usw. belichtet. Die Platten werden dann für eine Minute in 40 proz. Alkohol getaucht und am Lichte liegen gelassen. Dann wird mit einem mit Alkohol getränkten Wattebausch unter sanftem Reiben das Bild entwickelt und geätzt. Man erhält auf diese Weise druckfertige Platten.

Näheres über das Asphaltverfahren findet man in den bekannten Hand- und Lehrbüchern der Photographie, besonders in Scamoni, Heliographie, Berlin 1872; Stein, Das Licht im Dienste wissenschaftlicher Forschung, Leipzig 1877; H. W. Vogel, Die chemischen Wirkungen des Lichts, Leipzig 1874 usw. usw.

Dritter Teil.

Der künstliche Asphalt und seine Anwendung in der Industrie und den Gewerben.

Der häufig genug vernunftwidrige Gebrauch des künstlichen Asphalts an Stelle von natürlichem, welcher namentlich in der ersten Zeit des Aufblühens der Asphaltindustrie Platz gegriffen hatte, teils infolge gewissenloser Spekulation, teils aus Unwissenheit, hat nicht allein den natürlichen Asphalt vorübergehend in Mißkredit gebracht, er hat auch ein Vorurteil gegen alle Produkte aus künstlichem Asphalt geschaffen, welches nur allzu häufig gerechtfertigt war und unter welchem die darauf gegründete Industrie bis auf den heutigen Tag noch zu leiden hat. Und doch kann nicht geleugnet werden, daß auch der künstliche Asphalt eine Reihe vorzüglicher Eigenschaften besitzt, welche ihn sehr wohl befähigen, den beträchtlich teureren natürlichen Asphalt für manche Zwecke mit bestem Erfolg zu ersetzen und in einzelnen Fällen sogar in bezug auf Brauchbarkeit noch zu übertreffen. In früheren Kapiteln haben wir die physikalischen und chemischen Eigenschaften der beiden Produkte bereits eingehend gewürdigt, und bei dieser Gelegenheit kurze Hinweise in dieser Richtung gegeben.

Es wird heute niemand mehr ernstlich behaupten wollen, daß der künstliche Asphalt irgend welcher Herkunft (vielleicht mit alleiniger Ausnahme des aus Erdölrückständen gewonnenen, den wir aber seiner ganzen Natur nach schon eher den natürlichen Asphalten einzureihen haben) imstande ist, den natürlichen Asphalt zu ersetzen, wenn es sich darum handelt, eine g u t e Asphaltierung von Fahrdämmen oder Gehwegen, sei es in Stampf- oder Gußasphalt, herzustellen. Zu derartigen Arbeiten schließt ihn, abgesehen von seiner geringen Elastizität, die Veränderung seiner physikalischen Beschaffenheit unter dem Einfluß von Wärme und Kälte schon von selber aus, und doch ist gerade in dieser Hinsicht am meisten gesündigt worden. Und ebenso wird aus den gleichen Ursachen und wegen seiner geringen Härte der künstliche Asphalt auch niemals da den natürlichen ersetzen können, wo es gilt, d a u e r h a f t e Lacke und Firnisse für feinere Arbeiten zu schaffen, wenngleich auch seine übrigen Eigenschaften vielleicht in beiden Fällen genügen würden. Das viel bearbeitete Problem der Modifizierung der Eigenschaften des künstlichen Asphalts derart, daß er dem natürlichen Produkt in jeder Beziehung gleichkommt, muß aber zur Zeit als noch ungelöst betrachtet werden. Und selbst wenn es gelingen sollte, eine derartige Vervollkommnung zu erzielen, so würde ein solches Produkt voraussichtlich so teuer einstehen, daß es im Preis mit dem natürlichen Asphalt nicht mehr konkurrieren könnte.

Die Zeiten scheinen für immer vorüber zu sein, in welchen der künstliche Asphalt auf irgend welchem Gebiet in einen ernstlichen, u n l a u t e r e n Wettbewerb mit dem natürlichen Asphalt treten konnte; die scharfen Garantien,

welche heute bei der Ausführung irgend welcher Asphaltarbeit verlangt und geboten werden, lassen eine absichtliche Täuschung, die sich doch früher oder später bitter rächen würde, nicht mehr zu, und unter diesen Verhältnissen hat sich die Industrie des künstlichen Asphalts zu einem blühenden und gesunden Zweige auf dem Gesamtgebiet menschlicher Tätigkeit entwickelt. Die unrechtmäßige Bezeichnung „Asphalt" freilich ist auch den künstlichen Produkten geblieben und wird sich nicht so leicht mehr ausrotten lassen; bezeichnen doch selbst namhafte wissenschaftliche Werke die aus der Destillation von Teeren und Flüssigkeiten verschiedenster Provenienz sich ergebenden pechartigen Rückstände oft kurzweg nur als „Asphalt".

Es ist ein weites Gebiet, das sich die Industrie des künstlichen Asphalts erhalten hat, dessen umfangreichster Teil wohl die Herstellung und Verwendung von Materialien zur Dachbedeckung und zur Isolierung von Mauerwerk aller Art betrifft. In den nachfolgenden Kapiteln werden wir zu betrachten haben die Herstellung und Verwendung von Lacken, Goudrons, Kitten und Mastixsurrogaten, die Dachpappen- und Isolierplattenfabrikation, sowie die Verarbeitung und Anwendung des künstlichen Asphalts zu anderen, als bautechnischen Zwecken.

Neuntes Kapitel.

Lacke, Goudrons, Mastix und Kitte aus künstlichem Asphalt.

1. Lacke und Goudrons.

Unter dieser allgemeinen Bezeichnung fassen wir alle jene Produkte dünnflüssiger Konsistenz aus künstlichem Asphalt zusammen, welche zum Anstreichen von Gegenständen aus Metall, Stein oder Holz, oder zum Imprägnieren und Wasserdichtmachen von Papier, Geweben usw., oder endlich zum Verarbeiten oder Verdünnen dickflüssiger Materialien aus künstlichem Asphalt dienen. Sie spielen also im großen und ganzen dieselbe Rolle, wie beim natürlichen Asphalt, finden aber eine ungleich weitgehendere Anwendung, als die vorbeschriebenen, natürlichen Produkte. Manche derselben sind direkte Erzeugnisse der Teerdestillation, wie z. B. destillierter und präparierter Steinkohlenteer, Goudron aus Braunkohlenteer usw. und ihre Gewinnung ist schon kurz im fünften Kapitel geschildert worden. Sie sollen hier nur insofern berücksichtigt werden, als sie auch zugleich Erzeugnisse der Asphaltfabriken sind. In den folgenden Kapiteln werden wir außerdem Gelegenheit haben, an passendem Ort die Herstellung einzelner, spezieller Mischungen für gewisse Zwecke näher zu beschreiben.

Der primitivste Anstrich für Stein, Holz, Eisen usw. ist

roher Steinkohlenteer,

wie er aus den Retorten der Gasanstalten oder den Koksöfen der Kokereien gewonnen wird. Er ist schon 1799 von Ph. Lebon, dem unglücklicheren der beiden Schöpfer der Leuchtgasindustrie, zum Anstreichen des Holzes von Schiffen usw. zum Zwecke der Konservierung empfohlen worden, kann aber hierfür den sogen. „schwedischen Schiffsteer", einen Teer aus Nadelholz, welcher viel tiefer in die Poren eindringt und besser konservierend wirkt, nicht ersetzen.

Besser eignet sich der rohe Steinkohlenteer zum Konservieren von Stein und Mauerwerk aller Art, auch als Schutzanstrich gegen die Einwirkung saurer Flüssigkeiten und Dämpfe in chemischen Fabriken usw., wozu er besonders, in heißem Zustande angewendet, von Kuhlmann[1]) empfohlen wird. Die für Säuretröge, Kondensationstürme, Chlorentwickler usw. bestimmten Steine werden ganz allgemein durch Kochen in Gasteer säurefest

[1]) Compt. rend. 56, 1066, 1146. Wagners Jahresber. 1880, S. 430.

gemacht. Sie sollen dabei auch an Härte bedeutend zunehmen und nach dem Tränken sich sogar nicht mehr mit dem Meißel bearbeiten lassen, was aber gewiß zum großen Teil auf das Verschmieren des Werkzeugs mit der klebrigen Teermasse zurückzuführen ist.

Lunge[1]) hat den Steinkohlenteer zum Konservieren der Dachziegel gegen Witterungseinflüsse an Stelle der teuren Glasur empfohlen, eine Prozedur, die heute ganz allgemein durchgeführt wird und die Ziegel viel wetterbeständiger macht. Störend wirkt hier der Wassergehalt des Teers, wenn er nicht entfernt wird; im übrigen muß der Teer aber seine leichtflüchtigen Bestandteile bis zu einem gewissen Grade behalten, da der Überzug sonst schwer trocknet und lange klebrig bleibt.

Um einen Dachziegel vollständig mit Teer durchzogen herzustellen, genügt es keineswegs, denselben in heißen Teer einzutauchen. Wenn eine völlige Durchtränkung stattfinden soll, so muß der Teer kochen, während der Ziegel getaucht wird. Die Zeitdauer des Eintauchens richtet sich nach dem Aufsaugungsvermögen des Ziegels. Es ist aber nicht durchaus nötig, den Dachziegel zu tauchen; wenn der Ziegel, gut erwärmt, mit heißem Teer gestrichen wird, so genügt dies. Man teert am bequemsten und sichersten, wenn ein dachförmiger eiserner Rahmen auf eine langgestreckte Grudefeuerung (Braunkohlenkoksfeuer) aufgelegt und mit Ziegeln derart behängt wird, daß auf jeder Seite eine Reihe Ziegel hängt. Diese nach Bedarf erwärmten Ziegel werden von einem Arbeiter mit möglichst heißem Teer bestrichen, ein zweiter Arbeiter folgt und nimmt die Ziegel, wenn sie trocken sind, ab, und ein dritter legt neue Ziegel auf, oder bei kleinem Umfange der Arbeit verrichtet eine Person das Abnehmen und Aufhängen der Ziegel. Geteerte Mauerziegel müssen möglichst scharf gebrannt und klinkerartig sein und nach Bedarf und Benutzungsart längere oder kürzere Zeit mit dem Teer gekocht sein.

Das Tränken der Ziegelwaren mit Teer hat man ursprünglich aus dem Grunde versucht, um schwach gebrannte, wenig wetterfeste Ziegel zu verbessern, so daß das Wasser nicht in dieselben eindringen kann. Aber weder der Teerüberzug noch eine leichtflüssige Bleiglasur verhindert das letztere ganz, und die Folge davon ist, daß bei eintretendem Froste das gefrierende, sich ausdehnende Wasser nicht mehr aus den Poren heraustritt, sondern die oben mit Teer getränkte, weniger durchlässige Schicht abstößt und auf diese Weise den Ziegel zerstört. Sind poröse Ziegel glasiert, so blättert aus demselben Grunde die Glasur ab. Man soll daher nur scharf gebrannte Ziegel von möglichst geschlossenem Scherben teeren oder glasieren; die Haltbarkeit wird dadurch nur günstig beeinflußt, da ein nicht saugender Stein den Einflüssen der Atmosphäre stets am meisten trotzt.

Nach E. Dietrich[2]) haben sich Fußböden für Fabriken, Höfe usw. aus geteerten Ziegelsteinen gut bewährt. Sie werden am besten noch heiß, wie sie aus dem Ofen kommen, auf die obige Weise mit einer Mischung aus

[1]) Industrie des Steinkohlenteers und Ammoniaks, 4. Aufl., bearb. von Dr. H. Köhler, 1, 272. — [2]) Industrieblätter 1879, Nr. 2, 3, 6 u. 8. Chem. Ind. 1879, S. 54.

gleichen Teilen Steinkohlenteer und Steinkohlenteerpech imprägniert. Auf den planierten Untergrund werden die Steine flach und möglichst dicht aneinandergelegt und dann die Fugen durch Überkehren mit trockenem Sand ausgefüllt, so daß dieselben oben für das Bindemittel, aus der gleichen Mischung bestehend, frei bleiben. Durch einen Anstrich mit dem heißen Imprägniermittel werden die Fugen ausgefüllt und dann das Pflaster für die ersten acht Tage mit einer dicken Sandschicht überdeckt. Nach dieser Zeit hat sich der Sand eingedrückt und der Boden zeigt eine grauschwarze Farbe und besitzt angenehme Elastizität. Derartig präparierte Ziegelsteine empfiehlt Dietrich auch zur Herstellung von Rinnsteinen zur Ableitung von Wasser in Fabriken, sowie in Verbindung mit Asphaltmörtel zu schwammsicherem Unterbau.

1000 Ziegelsteine in deutschem Normalformat saugen etwa 120 kg der Teermischung auf. Besonders bewährt haben sich in der chemischen Fabrik zu Aussig a. d. Elbe die geteerten Dachziegel, da sie gegen Säuredämpfe und Witterungseinflüsse beständig sind und die Dachkonstruktion bei Regen nicht stärker belasten, da sie kein Wasser aufnehmen. Die Eigenschaft des Abblätterns zeigen nach Dietrich nur einseitig bestrichene Ziegelsteine; bei allseitig geteerten, oder mit Teer getränkten Steinen zeigt sich dieser Übelstand nicht.

W. Thörner und O. Kramer[1]) versetzen zum gleichen Zweck den Steinkohlenteer mit Sägespänen und kochen ihn bis zur Sirupkonsistenz ein.

Zum Anstreichen ganz ordinärer eiserner Gegenstände benutzt man vielfach rohen Steinkohlenteer, und will dieselben dadurch einesteils vor dem Rosten schützen und ihnen andererseits ein gefälligeres Aussehen geben. Namentlich, wenn er heiß aufgetragen wird, gibt der rohe Steinkohlenteer auf derartigen Gegenständen einen dauerhaften und glänzenden Überzug. Dabei will man die Erfahrung gemacht haben, daß diese Gegenstände unter der Lackschicht gleichwohl vom Rost zerfressen werden. Campe[2]) empfiehlt daher die Anwendung von destilliertem Teer, welcher von sauren Bestandteilen befreit ist, da diese es sind, welche das Eisen, besonders bei Gegenwart von Luft, rasch angreifen und ein Abblättern des Anstrichs verursachen. Es ist offenbar, daß hier nur das im rohen Teer enthaltene Ammoniakwasser die Korrosion verursachen kann; die rostbildenden Eigenschaften des Ammoniaks bei Gegenwart von Luft sind ja bekannt.

Besser verwendet man für die genannten Zwecke sogen.

destillierten oder raffinierten Teer,

welcher im größten Maßstabe zur Fabrikation der sogen. Asphaltdachpappen verbraucht wird, wozu er, wie kein anderes Präparat aus Steinkohlenteer, brauchbar ist.

Das Raffinieren des rohen Steinkohlenteers zu diesem Zweck erfolgte früher auf die einfachste und unrationellste Weise dadurch, daß man ihn in über freiem Feuer eingemauerten, offenen Pfannen so lange erhitzte, bis das auf der Oberfläche sich ausscheidende und nach Möglichkeit abzuschöpfende Wasser

[1]) D. R.-P. Nr. 14372. — [2]) Zeitschr. f. landw. Chem. 1887, S. 76. Chem. Ind. 1888, S. 63.

vollständig verdampft war. Dabei gingen natürlich die flüchtigsten, dem Teer trocknende Eigenschaften gebenden, leichten Bestandteile, die außerdem noch technisch wertvoll sind (Benzol, Toluol usw.) verloren, und verbreiteten zudem noch einen die Nachbarschaft in hohem Grade belästigenden, penetranten Geruch. Einsichtsvolle Fabrikanten betrieben die Raffinerie des Teeres, die lediglich in einer Entwässerung zu bestehen hat, zwar schon frühzeitig in der Weise, daß sie den Teer in mehr hohen, als weiten, zylindrischen Gefäßen, häufig durch gespannten Dampf, nur so weit erhitzten, daß derselbe dünnflüssig wie Öl (80 bis 100° C) wurde, worauf sich dann das Wasser nach einigem Stehen an der Oberfläche abschied und der entwässerte Teer darunter abgezogen werden konnte. Wo es nicht auf die Abscheidung der leichtflüchtigsten Bestandteile desselben ankommt, mag diese Art der Arbeit auch heute noch zu empfehlen sein.

Im allgemeinen erfolgt das Entwässern des rohen Steinkohlenteers heutzutage aber durch eine Destillation über freiem Feuer, welche so lange fortgesetzt wird, bis das Wasser im Destillat so gut wie verschwunden ist. Man ist auf diese Weise sicher, in der Tat alles mechanisch beigemengte Wasser aus dem Teer entfernt zu haben, und kann unter Umständen das gleichzeitig mit abdestillierte leichte Öl dem rückständigen Teer nach einiger Abkühlung wieder hinzufügen. Alle besser eingerichteten Dachpappenfabriken erzeugen sich heute den raffinierten oder entwässerten Teer selbst und können sich ihr Rohmaterial in einem Zustande herstellen, wie es für ihre Zwecke am tauglichsten ist. Im wesentlichen hängt die nötige Konsistenz desselben von der Art der Dachpappe ab, die man herstellen will.

Für starke und schwere, beiderseits besandete Dachpappen nimmt man gern einen recht konsistenten Teer, der sich in dicker Schicht auf der Oberfläche der Pappe ablagert und reichliche Mengen Sand aufzunehmen imstande ist. Außer den mit dem Wasser übergehenden, leichten Ölen kann man in diesem Falle auch noch einen beträchtlichen Teil des auf den „Vorlauf" folgenden wasserfreien „Leichtöls" abnehmen. Zur Herstellung schwacher Pappen dagegen, welche als Unterlage für Schieferbedachung oder zur Ausführung von Holzzementdächern usw. dienen sollen, und meistens nur einseitig oder gar nicht besandet werden, muß man einen möglichst schnell trocknenden und dünnflüssigen Teer anwenden, damit die zusammengerollte Pappe nicht aneinander klebt. Man treibt also lediglich das Wasser ab und arbeitet unter Umständen das damit übergegangene Öl in den Teer wieder ein.

Bezüglich der zur Entwässerung des Steinkohlenteers erforderlichen Apparatur vergleiche man Lunge-Köhlers „Industrie des Steinkohlenteers und Ammoniaks", 4. Aufl., 1, 296 u. ff. Eine für Dachpappenfabriken geeignete Einrichtung werden wir im nächsten Kapitel noch kennen lernen.

T. L. Lee[1]) ließ sich eine Mischung von destilliertem Steinkohlenteer, Kreosotöl, raffiniertem Benzol und „Chickasaw ockre", einem speziell in Arkansas gefundenen Naturprodukt, als Anstrichfarbe für schwere Eisenkonstruktionen, wie Brücken, Dächer, Maschinen usw., schützen.

[1]) Amer. Pat. Nr. 701743 vom 3. Juni 1902.

Ungleich größere Verwendung als der destillierte Teer finden

Lacke und Firnisse aus Steinkohlenteerpech und dergleichen.

Wir haben schon früher erwähnt, daß der regenerierte oder präparierte Teer als Massenprodukt in jeder Teerdestillation gewonnen und besonders in der Eisenindustrie zum Goudronieren von Gußwaren, zur Herstellung des basischen Futters der Konverter, zum Anmengen des Formsandes usw. verwendet wird. Weitaus die größte Menge jedoch wird von der Bauindustrie aufgenommen und dient hier zum Schutzanstrich für Mauerwerk, hauptsächlich aber als sogen. Dachlack zum Streichen der Pappdächer. Vielfach wird er auch zur Fabrikation von Dachpappen verwendet, wozu er sich indessen lange nicht so gut eignet, als destillierter Teer, weil die Pappe, um Griff zu bekommen, zu lange lagern muß. Wenn man zu diesem Zweck präparierten Teer verwenden will, so ist vor allem darauf zu achten, daß er aus nicht zu hart abdestilliertem Pech hergestellt ist, weil sich dies zum Teil unter Abscheidung von Kohle schon weiter zersetzt hat. Ein guter präparierter Teer sollte nicht über 20 Proz. freien Kohlenstoff (s. die Bestimmung desselben im dritten Teil) enthalten.

Nicht sehr häufig werden Asphaltfabriken in der Lage sein, sich einen präparierten Teer aus Steinkohlenteerpech und schweren Steinkohlenteerölen selbst herzustellen, wenn sie nicht gleichzeitig über eine Teerdestillation verfügen; sie können dies Produkt billiger von den Teerwerken beziehen, als das nötige Pech und Teeröl einzeln. Wo dies aber doch dann und wann einmal der Fall sein sollte, verwendet man am besten zur Herstellung einen der unter Asphaltgoudron und Mastix kennen gelernten Mischapparate, indem man auf 60 Tle. Pech je nach seiner Härte 30 bis 40 Tle. Steinkohlenteerschweröl (Kreosotöl) einarbeitet. Man verfährt dabei genau wie bei der Fabrikation des Goudrons und schmilzt erst das Pech mit etwas Öl, bevor man den Rest des letzteren nach Bedarf zusetzt.

Zweckmäßiger noch dürfte ein Apparat sein, der in den Kohlengruben von Blanzy zum Weichmachen des Brikettpechs fungiert und von Payen[1]) folgendermaßen beschrieben wird. In Fig. 91 bedeutet C einen stehenden, mit Dampfmantel versehenen Kessel von 1,80 m Durchmesser und 2,80 m Höhe von ungefähr 9 cbm Inhalt. In der Mitte rotiert die Schraube V, umgeben von einem ringförmigen Mantel E, der durch den durch f eintretenden und bei h in den äußeren Mantel austretenden Dampf erhitzt wird; durch r läuft das Kondensationswasser fort. Unten befindet sich der ringförmige Rost $G\,G$ aus gelochtem Eisenblech zur Zurückhaltung grober Stücke, das Rohr S zum Abfließen des wiederbelebten Pechs und ein Reinigungsverschluß t. Der Kessel C wird überragt von einer eisenblechenen Kammer D gleichen Inhalts zur Aufnahme des bei der Operation entstehenden Schaums. An derselben befindet sich das Mannloch T und eine Stopfbüchse, durch welche die Welle der Schraube V Führung erhält.

Man arbeitet in der Weise, daß man eine bestimmte Menge Schweröl usw.

---

[1]) Précis de Chimie industrielle 1878, 2, 949.

durch das Rohr *k* in den Apparat einläßt, mit Dampf auf 150° C erhitzt, die Schraube in Tätigkeit setzt und nach und nach das wiederzubelebende Pech durch das Mannloch *T* einträgt. Der Zusatz von Öl und Pech wird fortgesetzt, bis der Kessel ungefähr neun Tonnen Beschickung enthält. Das Blech *P* verhindert, daß das durch *T* eingeworfene Pech auf die Schraube fällt; dieses schmilzt bald in dem heißen Öl, worauf die Mischung das Sieb *G* passiert und durch die Schraube *V* gehoben wird, um aber wieder ausgestoßen zu werden. Nach acht Stunden ist alles homogen; man öffnet den Ablaßhahn, läßt den präparierten Teer ausfließen und beschickt den Apparat aufs neue.

Fig. 91.



In England¹) stellt man auf ganz ähnliche Weise einen Imprägnierteer für Dachpappenfabrikation her, indem man für starke Pappen eine Lösung von 26 cwts. Pech in 250 galls. raffiniertem Teer oder 58 galls Kreosotöl, für dünne Pappen dagegen eine Lösung von 20 cwts. Pech in 60 bis 70 galls Teer und 40 galls. Kreosotöl benutzt.

Nach Luhmann²) sind destillierter und präparierter Teer nicht ohne

¹) Chem. Ind. 1896, S. 55. — ²) Fabrikation der Dachpappe und Anstrichmasse usw., S. 151 u. f. Wien, Pest, Leipzig 1883.

Einwand zur Fabrikation von Dachpappe und zum Unterhalten der Pappdächer, weil der Teer mit der Zeit zu einer harten, spröden Masse austrocknet, die schließlich durch Verwitterung zerstört wird. Sie sind als Grundlage zur Imprägnier- und Anstrichmasse wohl geeignet, sollten aber vor der Verwendung mit löslichen, harz- oder fettartigen Substanzen im Verein mit erdigen Stoffen, welche die Masse dickflüssiger und lapidarer machen, vermischt werden. Zu den ersteren rechnet er Teerpech, Asphalt, Kolophonium, Kienteer, mineralische Schmieröle, schweres Harzöl und Schwefel; zu den letzteren Schlämmkreide, gebrannten Kalk (?), Kalkstein, Tonschiefer, Ton usw. Natürlich können erdige Zusätze nur zu dem als Anstrichmittel für Pappdächer dienenden Teer zugelassen werden und hier insofern von Vorteil sein, als sie das Abfließen des Anstrichs von der schrägen Dachfläche verhindern. Sie müssen dann aber auch so gewählt sein, daß sie porös und saugkräftig genug sind, um nicht infolge ihrer spezifischen Schwere in dem Teer zu Boden zu sinken; in dieser Hinsicht werden namentlich China clay und Löß (Mergel) oder feiner Koks- oder Kohlenstaub von keinem anderen Material übertroffen.

Luhmann gibt folgende Vorschriften für Dachlacke, von denen die ohne erdige Zusätze hergestellten auch als Imprägnierungsmasse verwendet werden können.

	1	2	3	4	5	6	7
Destillierter Teer	70	75	70	50	50	70	50
Schmieröl	10	—	—	10	—	—	—
Harz (Kolophonium)	20	—	5	—	15	20	15
Trinidadasphalt	—	10	—	15	—	—	—
Kienteer	—	10	25	—	—	—	—
Harzöl	—	5	—	—	5	—	—
Gemahlener Ton	—	—	—	25	30	—	27
Leinölfirnis	—	—	—	—	—	8	7
Gem. Braunstein	—	—	—	—	—	2	1
	100	100	100	100	100	100	100

D. Urner[1]) mischt 35 Tle. Tonschiefer, 30 Tle. Glimmerschiefer und 35 Tle. amerikanisches Harz als feines Pulver zu 50 Tln. Teer und kocht so lange, bis die Masse leicht streichbar geworden ist; der damit hergestellte Anstrich soll sowohl gegen Sonnenhitze und Kälte, als auch gegen Nässe unempfindlich sein.

A. Siebel[2]) stellt unter der Bezeichnung „Stabilteer" oder „Metallisierter Teer" eine Anstrichmasse für Pappdächer her, indem er eine 5 proz. Lösung von essigsaurem Blei, Kupfer und Eisen zur Neutralisierung der Säure mit gelöschtem Kalk versetzt, auf je 10 kg der Masse eine bestimmte Menge borsaures Manganoxyd, Braunstein und Bleizucker zusetzt und das Gemisch in heißen Steinkohlenteer gleichmäßig einträgt, bis derselbe eine möglichst

[1]) D. R.-P. Nr. 6215. — [2]) D. R.-P. Nr. 18 987.

schleimige Konsistenz besitzt. Die Masse kann mit Teeröl oder Vulkanöl entsprechend verdünnt werden. Die Gesichtspunkte, die zur Herstellung eines derartigen Materials maßgebend waren, entbehren offenbar jeglicher theoretischen Grundlage.

Der Dachlack von Ph. Cornelly[1]) (zugleich Isoliermasse) besteht aus 1000 Tln. Steinkohlenteer, dem Käsekitt aus 125 Tln. Kalk und 12½ Tln. weichem Käse, 20 Tln. Zement und 20 Tln. des beim Trocknen zusammenbackenden Rückstandes von der Darstellung von schwefliger Säure aus Schwefelsäure und Holzkohle.

F. J. Warren[2]) stellt eine Komposition aus Teer und Lampenruß für verschiedene Zwecke her, deren Mischungsverhältnis je nach der Verwendung variiert; z. B. für das Teeren von Filz 20 bis 25 Proz., für das Teeren von Holz 34 bis 40 Proz. und für Pflasterarbeiten ungefähr 50 Proz. Lampenruß. Letzterer hat den Zweck, die Brüchigkeit des Materials in der Kälte zu verringern und den Erweichungspunkt zu erhöhen.

Die Herstellung von Dachpappenanstrichmitteln haben noch eine Reihe anderer Patente zum Gegenstande. So mischt B. Roedelius[3]) 25 Tle. abdestillierten Steinkohlenteer bei ungefähr 100° C innig mit 18 Tln. Holzteer und setzt dem Gemisch noch je 6 Tle. Leinöl und Anthrazenöl zu, worauf 15 Tle. Kieselsäure, 10 Tle. Magnesia, 8 Tle. Eisenoxyd, 8 Tle. Bleioxyd und 4 Tle. kieselsaures Natron eingerührt werden, bis eine gleichartige sirupdicke Masse entstanden ist. In diesem bunten Gemisch läßt der Erfinder in der Wärme eine Anzahl von Reaktionen vor sich gehen, von denen ohne weiteres gesagt werden kann, daß sie, mit Ausnahme der Wirkung des Bleioxyds auf Leinöl, unmöglich sind. So soll sich außer dem Bleiglyzerid $(C_{18}H_{32}O_2)_2 . Pb$ durch Einwirkung der Kieselsäure auf Eisenoxyd und Magnesia das Doppelsilikat $(Fe . Mg)_2SO_4$ bilden, in dem teerigen Konglomerat und bei etwa 100°! Das Bleiglyzerat soll der Masse die Sprödigkeit nehmen und es sollen sich auch noch andere Verbindungen (welche?) bilden, denen jedoch kein wesentlicher Einfluß auf die Eigenschaften der Masse zukommt. Dünn aufgetragen, soll der Anstrich innerhalb 12 Stunden sich in einen plastischen Zement von guttaperchaartiger Beschaffenheit verwandeln, der außerordentlich wetterfest ist.

Mit einem ähnlichen Gemisch hat C. Richard[4]) die Welt beglückt. Es besteht aus destilliertem und durch Zusatz von angeblich harzsaurer Tonerde bis zur Pechkonsistenz verdicktem Teer. Letztere stellt der Erfinder aus Ton und harzsaurem Natron her, was ihm ohne Zweifel sehr schwer fallen dürfte. Der so hergestellte Dachzement soll von großer Wetterbeständigkeit und Klebekraft, und infolge seines hohen Gehalts an harzsaurem Metallsalz so gut wie feuersicher sein. Da das harzsaure Natron (Harzseife), und etwas anderes enthält das Produkt als harzsaures Metallsalz natürlich nicht, in Wasser löslich ist, dürfte die Wetterbeständigkeit des Produkts zu bezweifeln sein.

---

[1]) D. R.-P. Nr. 38221 vom 17. Februar 1886. — [2]) Engl. Pat. Nr. 9332, 22. April 1902; Franz. Pat. 320828, 22. April 1902. — [3]) D. R.-P. Nr. 64680. Zeitschr. f. angew. Chem. 1892, S. 720. — [4]) D. R.-P. Nr. 73122. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1894, Ref., S. 328.

Unter dem gewählten Namen „Goudroleum“ bringen Oeström und Fischer[1]) ein Anstrichs- und Konservierungsmittel für Dachpappe, Holz usw. in den Handel, welches aus rohem Holzteer in der Weise erhalten wird, daß man denselben zur Entfernung von Wasser, Essigsäure und anderen flüchtigen Stoffen bis höchstens 190° C destilliert und dem Rückstande bis zu passender Konsistenz schwere, zwischen 118 und 190° siedende Holzteeröle zumischt.

Th. Möller u. Co.[2]) stellen eine Anstrichmasse für den gleichen Zweck her, indem sie zu einer, in bekannter Weise aus Holz- und Steinkohlenteer unter Zusatz von Eisenvitriol und Eisenoxyd oder Schlämmkreide und Kalk hergestellten Masse Mehl und Wasser in etwa dem folgenden Mengenverhältnis hinzufügen: 50 kg Steinkohlenteer, 2 bis 4 kg Roggenmehl, 1$^1/_2$ bis 4 kg Eisenvitriol, 5 bis 12 kg Schlämmkreide, 5 bis 15 kg Kalk und 28 kg Wasser. Die Masse soll vorzüglich geeignet sein zum Wasserdichtmachen von Dachpappen, zum Anstreichen von Zäunen, Holzverkleidungen und Giebelmauern, um diese vor Witterungseinflüssen zu schützen.

Endlich erhielt noch H. O. Köhler[3]) ein Patent auf eine Anstrichmasse, welche er dadurch herstellt, daß er trocken gelöschten Kalk in erhitzten Teer einträgt.

Derartige Massen, von denen man nicht recht begreift, was patentfähig an der Zusammensetzung ist, finden sich viele im Handel, teilweise unter recht geschmackvollen Bezeichnungen, wie „Dachpappenschutz“, „Durescoschutz“, „Pappoleumschutz“, „Universalanstrichmasse“, „Elastique-Bray“, „Kautschukanstrichmasse“, „Chloritzement“ usw. usw.

Die mit solchen Anstrichmitteln versehenen Pappdächer zeigen natürlich stets eine schwarze, mehr oder weniger glänzende Farbe, die vielfach nicht erwünscht ist und zwar sowohl aus Gründen des Geschmacks, wie auch in praktischer Hinsicht. Man sucht z. B. den Pappdächern für manche Zwecke gern die rote, gelbbraune oder braune Farbe der Ziegeldächer, oder die graue Farbe der Schieferdächer zu geben; andererseits ist es eine unangenehme Eigenschaft der schwarzen Pappdächer, in den heißen Sommertagen so viel Sonnenwärme zu absorbieren, daß die darunter liegenden Räume, da ein Ausgleich der inneren und äußeren Luft bei dem absolut dichten Verschluß der Pappdächer nicht stattfinden kann, unerträglich heiß werden, was andererseits auch in gewissen Fällen, namentlich wo man mit sehr leichtflüchtigen Substanzen zu arbeiten hat, wie in Petroleumraffinerien, chemischen Wäschereien, Ammoniakfabriken, Teerdestillerien und anderen chemischen Fabriken oft von großem Nachteil ist. In diesem Falle sucht man die Dächer mit einem möglichst weißen Anstrich zu versehen, der die Sonnenwärme zurückstrahlt und so die Innenräume vor Temperaturerhöhung schützt.

Derartige Anstriche erzeugt man zumeist unter Zuhilfenahme von Harz (Kolophonium), Harzöl und Teerölen, denen man einen Zusatz von entsprechen-

[1]) Schwed. Pat. Nr. 5718, 1894. — [2]) D. R.-P. Nr. 115 859. — [3]) D. R.-P. Nr. 120 785 v. 22. Jan. 1899.

den Mineralfarben gibt. Man erhält z. B. einen sehr brauchbaren Rotlack für Pappdächer, wenn man ein Gemisch von 150 kg Kolophonium (möglichst helle Ware) mit 100 kg schwerem (blauem) Harzöl zusammenschmilzt und diesem Produkt nach einigem Erkalten 75 kg eines leichten Teeröls (nach dem Vorlauf übergehender Anteil) beimischt. In die Flüssigkeit rührt man dann, so lange sie noch warm ist, 75 kg feinst gemahlenen, roten Bolus ein, bis eine gleichmäßige, keine Knoten mehr aufweisende Anstrichfarbe entstanden ist. Besser noch reibt man den Farbstoff mit Hilfe einer Naßmühle in den Firnis ein. Durch Ersatz des Bolus durch gelben Ocker oder graues Schiefermehl oder andere billige Erdfarben kann man jede gewünschte Nüance eines farbigen Dachlacks erzielen.

A. Wolfahrt[1]) hat ein Patent angemeldet zur Herstellung derartiger Dachpappenanstriche unter Anwendung von Benzollack oder Lackfirnis mit Farbezusatz in Rot, Grün, Braun, Gelb, Grau, Blau und Bronze, welche schnell trocknen und auf Teerdachpappen und anderen Dachmaterialien aufgetragen nicht abtropfen.

Einen hellen Dachpappenanstrich, der sich hauptsächlich für Räume eignet, die wegen Feuersicherheit und dergleichen im Sommer kühl gehalten werden müssen, hat sich H. Gentzen[2]) patentieren lassen, den er wie folgt beschreibt:

„Die zur Herstellung des hellen Dachanstrichs erforderlichen Bestandteile sind Harz, fettes Öl, Steinkohlenteeröle und ein Gemisch von Schwefelverbindungen des Baryums und des Zinks, ein Material, welches bei Herstellung von Blanc fixe und bei anderen chemisch-technischen Verfahren als Nebenprodukt gewonnen oder aus Schwerspat durch Glühen mit Kohle und darauffolgende Zersetzung des Schwefelbaryums in kleinem Überschuß durch Glühen mit schwefelsaurem Zink in Retorten oder Flammöfen erhalten wird. Dieses der Hauptsache nach aus Schwefelbaryum und Schwerspat bestehende Produkt enthält etwa 12 bis 16 Proz. Schwefelzink; es wird trocken und fein gemahlen in das noch heiße Gemenge von Öl und Steinkohlenteerölen, worin das Harz gelöst ist, eingetragen und die damit zu schützenden Dächer usw. gestrichen.

„Bei dem soeben beschriebenen Prozeß werden die in dem fetten Öl enthaltenen Glyzerinäther durch die Schwefelverbindungen des Zinks und des Baryums zerlegt, die nach dem Erkalten erstarren und ein späteres Weichwerden der Masse verhindern, während das ausgeschiedene Glyzerin dieselbe verhältnismäßig geschmeidig erhält und ein Reißen des Anstrichs im Winter verhindert.

„Dieses Imprägnierungsmittel erfüllt somit alle Bedingungen, welche die Dachppappenindustrie an ein gutes Dachbedeckungsmaterial stellen kann. Infolge der hellen Farbe wirkt die Sonne nicht so intensiv auf die Pappe, und es bleibt diese vermöge des Ölzusatzes länger geschmeidig und widerstandsfähig; der Anstrich läuft im Sommer nicht herab und wird im Winter nicht spröde

[1]) Siehe Lunge-Köhler, 4. Aufl., 1, 283. — [2]) D. R.-P. Nr. 70852. Zeitschr. f. angew. Chem. 1893, S. 623.

und rissig; die mit diesem Anstrich versehenen Dächer halten die darunter liegenden Räume kühl und tragen damit zur höheren Sicherheit vieler gefahrvoller Betriebe bei und wirken in erster Reihe in hygienischer Beziehung in vorteilhaftester Weise auf das Wohl der Arbeiter ein."

Zur Herstellung von schützenden Überzügen auf Eisen (Asphalteisenlacke) kennt man gleichfalls eine Menge von Vorschriften, deren wesentlichste hier mitgeteilt seien.

Eine feinere Sorte Teerlack erhält man nach Lunge[1]), wenn man Pech mit Leichtöl in der oben angegebenen Art zusammenschmilzt; man nimmt hierzu jedoch nicht das direkt aus den Teerblasen abdestillierte Öl, sondern die letzten Portionen des aus der Leichtölblase abdestillierten oder das vom Phenolnatrium abgezogene Öl, welche mithin ihre wertvolleren Teile schon abgegeben haben. Man kann auf 100 Tle. mittelhartes Pech etwa 60 Tle. Leichtöl rechnen. Dieser Firnis gibt eine glänzende und glatte Oberfläche und bildet einen sehr dünnen Überzug; seine Trockenzeit ist vier bis sechs Stunden, und er ist schon für feinere Eisenwaren verwendbar.

Man kann auch noch schneller trocknende und dünner liegende Firnisse in allen Graden erhalten, wenn man einen Teil des Leichtöls durch Naphtha ersetzt und kann dazu die geringste Sorte der Naphtha anwenden, oder auch eine solche direkt zu diesem Zwecke darstellen, indem man bei der Dampfrektifikation der leichten Steinkohlenteeröle über den sonst innegehaltenen Endpunkt hinausgeht. Regel ist dabei, zuerst alles zu verwendende Leichtöl in das Pech hineinzuarbeiten und dann erst die Naphtha zuzusetzen, indem man das Gemisch noch so warm bleiben läßt, als es mit der Flüchtigkeit der Naphtha verträglich ist. Außerdem ist sehr gründliches, längere Zeit anhaltendes Rühren notwendig, da die Naphtha sich nicht so leicht dem Firnis einverleiben läßt wie die schwereren Öle; es kann sonst vorkommen, daß sich der Firnis in einen schwarzen Bodensatz und darauf schwimmende Naphtha trennt. Man kann es mit Hilfe selbst ganz ordinärer Naphtha leicht dahin bringen, einen in einer Stunde, ja in einer Viertelstunde trocknenden Eisenlack herzustellen, welcher für alle Eisenwaren verwendbar ist, wo seine schwarze Farbe nichts schadet.

Alle diese Sorten haften ungemein fest am Eisen und erlangen nach dem Trocknen einen ziemlichen Grad von Härte, neben starkem Glanz und großer Glätte; letzteres gilt namentlich von den besseren Sorten.

E. Heußer[2]) extrahiert das Pech mit warmem, leichtem Teeröl oder Petrolbenzin (?). Die Lösung hinterläßt beim Verdampfen ein dem natürlichen Asphalt ähnliches Produkt, das sich zur Fabrikation von Eisenlacken viel besser eignet als gewöhnliches Pech, während der Filterrückstand (freier Kohlenstoff) eine schwarze Farbe von großer Deckkraft abgibt. Auch Kraemer und Spilker[3]) empfehlen diese Arbeitsweise; so präpariertes Pech in Terpentinöl gelöst, gibt einen noch haltbareren Metallanstrich, der auf Metallflächen auch beim starken Biegen noch recht gut haftet.

---

[1]) Lunge-Köhler, 1. Bd., S. 415. — [2]) D. R.-P. Nr. 24231. — [3]) Muspratt, Chemie, 4. Aufl., 8. Bd., S. 14.

Die Fabrikation dieser Eisenlacke bewegt sich ganz im Rahmen der bei der Verarbeitung des Steinkohlenteers gewonnenen Produkte. Die folgenden Rezepte beanspruchen fremde Lösungsmittel oder Zusätze oder eine chemische Veränderung in der Beschaffenheit des Teers.

Chaumont[1]) macht einen Firnis für Holz oder Metall durch Auflösen von Teerasphalt (300 Tln.) in (100 Tln.) Schwefelkohlenstoff. Statt des Asphalts kann man auch natürliches Bitumen oder Harz anwenden. Man bringt den Asphalt in einen Bottich, schüttet den Schwefelkohlenstoff darauf und schließt das Gefäß luftdicht ab, um die Verdampfung des Schwefelkohlenstoffs zu hindern. In 12 bis 24 Stunden ist der Asphalt usw. aufgelöst und der Firnis fertig, dessen Geruch ihn freilich kaum empfehlen wird.

Thenius[2]) schmilzt 50 kg Asphalt aus Steinkohlenteer mit 20 kg Kolophonium bis zum ruhigen Fluß und fügt darauf 10 kg guten Leinölfirnis zu, so daß die Masse kocht, ohne überzusteigen. Nach einstündigem Kochen macht er einen Zusatz von 2 kg fein pulverisiertem Braunstein, wodurch ein Aufschäumen der Flüssigkeit erfolgt. Sobald dieselbe wieder in ruhigem Sieden begriffen ist, werden Proben auf eine Glasplatte geträufelt und gegen das Licht betrachtet. Sobald klare Lösung erfolgt ist und die Masse sich leicht vom Glase abheben läßt, unterbricht man das Sieden und läßt unter Umrühren so weit erkalten, daß die Flüssigkeit beginnt, in dickerem Zustande vom Rührer zu fließen. Unter fortwährendem Rühren gibt man nun 20 kg rektifiziertes Terpentinöl, und wenn sich dieses gänzlich damit vermischt hat, 20 kg leichtes Steinkohlenteeröl vom spez. Gew. 0,85 bis 0,9 zu der Mischung, rührt gut um und läßt eine herausgezogene Probe erkalten. Man macht davon einen Probeanstrich auf Papier, der in 15 Minuten trocken sein muß, seinen Glanz nicht verlieren und nicht durch das Papier durchschlagen darf. Zeigt der Lack auf Papier matte Stellen, so ist die Auflösung noch nicht vollendet und man muß gelinde weiter erhitzen, oder einen Zusatz von Steinkohlenteeröl machen. Der fertige Lack wird noch warm durch Werg filtriert und in gut verschlossenen Gefäßen an kühlem Orte aufbewahrt. Außer zum Anstrich auf Metall eignet er sich noch für Papier, Holz, Leder, Glas usw.

Nach Watson Smith[3]) erhält man einen sehr guten Eisenlack durch Schmelzen von 6 Pfd. dunkelfarbigem Kolophonium mit $^1/_6$ Gall. (sage etwa $^1/_2$ Pfd.) Leinölfirnis und 1 Gall. (etwa 10 Pfd.) Schweröl, für feinere Arbeiten mit Zusatz von ein wenig Gummi, um ihm Glanz zu geben, und von beliebigen Farbstoffen, also auch Asphalt oder Pech.

Folgende „erprobte" Vorschriften zur Herstellung von Eisenlacken gibt Nöthling[4]): 24 Tle. Steinkohlenteerpech werden in 36 Tln. Benzol auf dem Wasserbade aufgelöst und die Lösung bei 15 bis 20° absetzen gelassen. Zu der vom Bodensatz getrennten Flüssigkeit fügt man eine Lösung von 2 Tln. harten Elemiharz und 1 Tl. Kopaivabalsam in Benzol und verdünnt, wenn nötig, mit

---

[1]) Wagners Jahresber. 1865, S. 686. — [2]) Verwertung des Steinkohlenteers. Wien, Pest, Leipzig 1878, S. 127. — [3]) Lunge-Köhler, 4. Aufl., S. 416. — [4]) Der Asphalt. Leipzig 1899, S. 253.

Benzol bis zur Streichfertigkeit. Oder: 10 Tle. wasserfreier Teer werden gekocht und 2 Tle. Graphit und 1 Tl. Mennige hinzugefügt. Nach gutem Kochen versetzt man die Mischung mit 1 Tl. Schwefelblüte und 2 Tln. geglühtem Bimssteinpulver. Der Zusatz von Mennige und Bimssteinpulver dürfte zum mindesten zwecklos sein.

Unter dem Namen „Schwefelteer" oder „Benzasphalt" wird [1]) eine durch Kochen von 2 Tln. Schwefel in 3 Tln. Steinkohlenteer erhaltene Lösung zum Schutz von Holz, Eisen und Stein gegen Fäulnis, Rost und Verwitterung empfohlen.

Kraemer und Spilker [2]) empfehlen die Verwendung von Fettgasteer zur Herstellung von Eisenlacken. Die Aktiengesellschaft für Asphaltierung und Dachbedeckung, vorm. Joh. Jeserich [3]) erzeugt einen derartigen Lack durch Zusammenschmelzen von Fettgasteer mit Goudron und Schwefel. Die Masse ist gegenüber anderen ähnlichen Anstrichen gegen atmosphärische Einflüsse widerstandsfähiger und als Anstrich für Eisen wegen ihrer außerordentlichen Permeabilität besonders wertvoll, indem sie leicht in Öffnungen und Poren eindringt und auf Rost gebracht, denselben leicht durchdringt, lockert und loslöst.

In ähnlicher Weise gewinnt die Chemische Fabrik Großweisandt [4]) ein Rostschutzmittel, indem sie Fettgasteer mit Chlorschwefel (S_2Cl_2) erhitzt und das entstehende Produkt in geeigneten Flüssigkeiten löst.

Nach Marchisis und Stevens [5]) sollen gewöhnliche Teerfirnisse dadurch verbessert werden können, daß man sie mit Chlorkalk- oder Kochsalzlösung (?) kocht und darauf mit einer Lösung von Eisenvitriol wäscht. Es ist nicht ersichtlich, welche Wirkung sich die Erfinder von einer Kochsalzlösung versprechen.

Zum Verkleben der einzelnen Streifen und Lagen von Dachpappe und Papier bei Papp- und Holzzementdächern (s. später), sowie zum Ausbessern von Rissen und schadhaften Stellen an Pappdächern und zu manchen anderen Zwecken stellt man aus Steinkohlenteerasphalt auch

Klebemassen und Kitte

her, deren gebräuchlichste wir im folgenden aufführen. Von derartigen Materialien verlangt man außer einer hohen Klebekraft eine solche Zähflüssigkeit, daß sie unter der Einwirkung der Sonnenhitze nicht von der Dachfläche abfließen. Man ist daher genötigt, die bekannten Eigenschaften des künstlichen Asphalts in diesem Sinne zu korrigieren. Dies geschieht einerseits durch Zusatz solcher im Steinkohlenteer resp. Pech löslicher Substanzen, denen an und für sich bedeutende klebende Kraft zukommt, andererseits durch Untermischung von Füllmaterial zur Erhöhung der Stabilität und durch chemische Veränderung in der Konstitution der den künstlichen Asphalt zusammensetzenden Substanzen.

Schwere dickflüssige Harzöle oder billiges Harz (Kolophonium) dienen zur

---

[1]) Dingl. polyt. Journ. 157, S. 317; Wagners Jahresber. 1860, S. 554. — [2]) loc. cit. — [3]) D. R.-P. Nr. 65239 vom 10. Novbr. 1891. — [4]) D. R.-P. Nr. 122688 vom 29. Juli 1900. — [5]) Engl. Pat. vom 23. Sept. 1870.

Erhöhung der Klebefähigkeit, mineralische Beimengungen, welche die Eigenschaft besitzen, in der dicklichen Flüssigkeit nicht leicht zu Boden zu sinken, wie China clay Koksstaub, Infusorienerde, Mergel u. dgl. erhöhen die Stabilität, und von den bekannten kondensierenden Eigenschaften des Schwefels macht man Gebrauch, um die chemische Konstitution des Asphaltmoleküls, wenn man von einem solchen überhaupt reden kann, in erwünschtem Sinne zu beeinflussen. Der Zusatz von Schwefel freilich ist in seiner Wirkung lange Zeit nicht erkannt worden. Man fand, daß Schwefel in Steinkohlenteer löslich ist und schrieb der Auflösung des starren Schwefels die Erhöhung der Dickflüssigkeit zu.

K. S. Häusler[1]) hat zuerst einen Zusatz von Schwefel zur Verbesserung der dichtenden Eigenschaften des Teers angewandt. Eine von ihm als „Holzzement" bezeichnete Mischung, welche er ursprünglich zum Verdichten von Fässern, seit 1839 aber auch als Bedachungsmaterial einführte, bestand aus 60 Tln. Steinkohlenteer, 15 Tln. Asphalt und 25 Tln. Schwefel. Später hat A. Winkler[2]) den Mechanismus der Wirkung des Schwefels aufgeklärt, indem er die Entwickelung von Schwefelwasserstoff dabei beobachtet und die Einwirkung auf eine Molekularkondensation unter Austritt von Wasserstoff zurückgeführt hat. Er benutzte die Reaktion zur Verbesserung des Teerasphalts und setzt zu dem nach Abdestillieren von etwa 30 Proz. aus dem Teer zurückbleibenden, bei 50° vollständig weichen Asphalt (also gleich dem englischen Asphalt, dem französischen brai liquide) nach und nach 5 Proz. Schwefel und erhitzt jedesmal so lange, bis keine Entwickelung von Schwefelwasserstoff mehr erfolgt. Man erhält dabei 75 Proz. vom Teer an gutem Asphalt, welcher in kochendem Wasser nicht erweicht, während man ohne Schwefel nur die Hälfte des Gewichtes des Teers an gleich gutem Asphalt erhält. Ein weiterer Vorschlag, den Teer schon vor der Destillation mit 20 Proz. Schwefel zu versetzen, wobei nur Wasser und Schwefelwasserstoff übergehen, und ein dem Teer gleiches Gewicht an gutem Asphalt erhalten werden soll, ist augenscheinlich[3]) unpraktisch, teils wegen der Kosten, teils wegen des Angriffs auf das Eisen der Blasen und der Schädlichkeit des Schwefelwasserstoffs überhaupt. Nach Winkler soll auch Terpentinöl, mit der Hälfte seines Gewichtes an Schwefel versetzt, bei langsamer Destillation Schwefelwasserstoffgas und einen schwarzen, asphaltartigen Rückstand geben. Wie wir gesehen haben und fernerhin noch sehen werden, ist die kondensierende Wirkung des Schwefels auch von anderer Seite mehrfach benutzt worden.

Die Fabrikation des Holzzements hat infolge der guten Eigenschaften (vgl. das folgende Kapitel), welche die von Häusler eingeführten Holzzement- oder Kiesdächer besitzen, große Dimensionen angenommen und geschieht im großen und ganzen noch heute nach dem alten Rezept. Er bildet eine schwarze, elastische und zähe Masse von annähernd der Konsistenz des Asphaltgoudrons, welche über Feuer leicht zu einem dünnen Teer zergeht und auch schon durch die Sonnenwärme geschmolzen wird. Er muß so beschaffen sein, daß er aus

[1]) Vgl. Röthling, Der Asphalt, S. 192. — [2]) Chem. Zentralbl. 1858, S. 337. — [3]) Vgl. Lunge-Köhler, 1. Bd., S. 419.

dem Spundloch der Fässer beim Umkehren als zähflüssige Masse langsam ausläuft, etwa wie ein richtiger Mehlteig.

Als Rohmaterialien zur Herstellung von Holzzement können im allgemeinen gelten Steinkohlenteerpech, entwässerter oder präparierter Teer, schweres Steinkohlenteeröl, Harz (Kolophonium) und Schwefel. Daneben finden vielfach auch andere Zusätze Anwendung, wie wir aus den später aufzuführenden Patenten ersehen werden. Wesentlich für ein Produkt, das auf die Bezeichnung „Holzzement" Anspruch machen darf, sind die Grundbestandteile Steinkohlenteer und Steinkohlenteerpech, sowie sein Schwefelgehalt, der von manchen Baubehörden sogar in gewisser Höhe vorgeschrieben wird. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß nicht auch ein anderes Produkt ohne Schwefelgehalt die gleichen, oder noch wertvollere Eigenschaften haben kann.

Luhmann[1]) führt an, daß man bei der Fabrikation des Holzzements anfangs in der Weise verfuhr, daß man rohen Steinkohlenteer im Wasserbad erhitzte, um ihn von Wasser und leichten Ölen zu befreien und daß man die zurückbleibende Masse durch entsprechenden Zusatz von Schwefel verdickte. Diese Methode, die glaubhaften Mitteilungen zufolge noch heute in einigen Fabriken, welche vorgeben, im alleinigen Besitz des Häuslerschen Originalrezepts zu sein, in ihren Grundzügen zur Ausführung kommt, ist aber vollständig zu verwerfen; bei der Temperatur des siedenden Wasserbads ist es ein Ding der Unmöglichkeit, so beträchtliche Mengen von Schwefel in Steinkohlenteer zu lösen, als hier in Frage kommen, und was sich davon etwa gelöst hat, scheidet sich beim Erkalten wieder aus, ohne irgend welche chemische Veränderung in der Masse des Steinkohlenteers hervorgebracht zu haben. Man weiß aber heute, daß die Wirkung des Schwefels gerade darin besteht, unter Entwickelung von Schwefelwasserstoff die Bestandteile des Steinkohlenteers zu kondensieren und in dem natürlichen Asphalt in ihrem Verhalten näher stehende Verbindungen überzuführen. Zudem läßt sich ein auf diese Weise hergestelltes Produkt, bei dem der Schwefel also nicht in Reaktion getreten ist, später nur unter großen Schwierigkeiten verarbeiten, da es die lästige Eigenschaft zeigt, beim Erhitzen unter massenhafter Gasentwickelung stark aufzuschäumen und aus den Schmelzkesseln überzulaufen, eine Eigenschaft, die von jedem Dachdecker gefürchtet wird.

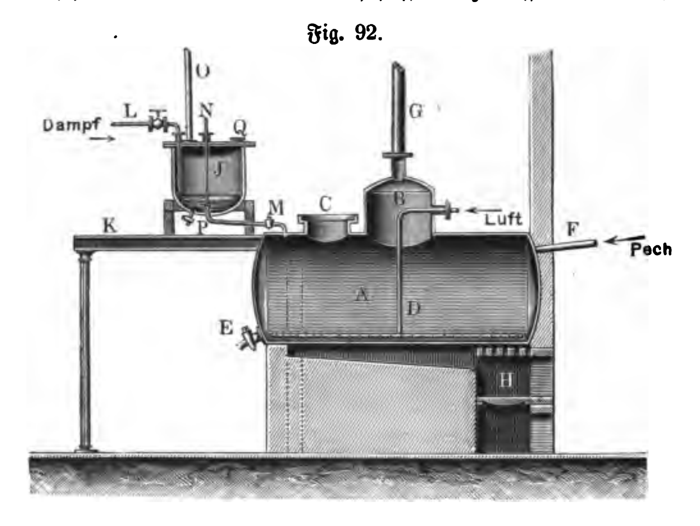
In einer der ältesten und größten Asphaltfabriken Norddeutschlands, deren Erzeugnisse zu den renommiertesten auf dem Markte zählen und welche lange Jahre unter der technischen Leitung des Verfassers stand, wurde der Holzzement nach einer der beiden folgenden Methoden hergestellt. In der mit einer großen, in modernem Stil betriebenen Teerdestillation verbundenen Hauptfabrik schließt sich die Holzzementfabrik unmittelbar an die Teerdestillationsblasen von 15 Tons Teerfüllung an. Der Teer wird auf mittelweiches Pech abgetrieben, so daß also eine Zersetzung des Blaseninhalts unter Kohleabscheidung vermieden wird. Je nach der Beschaffenheit des Teers bleibt in der Blase ein Pechrückstand von 9000 bis 9500 kg (= 60 bis 62 Proz.). Der Ablaßhahn der Blase kann je nach Wunsch mit dem Pechkühler, oder durch das Rohr *F* (Fig. 92 a. f. S.)

[1]) loc. cit. S. 210.

mit dem in dem angrenzenden Holzzementgebäude untergebrachten Holzzementkessel verbunden werden.

Dieser liegende zylindrische Kessel, welcher dieselbe Kapazität wie die stehende Teerblase besitzt, ist über einer gewöhnlichen Feuerung *H* mit Gittergewölbe eingemauert und mit einem Luftmischer *D*, aus einem perforierten Rohrkreuz bestehend, versehen. Er besitzt oben einen weiten Dom *B*, welcher das über das Dach führende Abgasrohr *G* trägt, durch welches der sich bildende Schwefelwasserstoff mit den entwickelten Teer- und Öldämpfen zusammen entweicht. Wo man eine Belästigung der Nachbarschaft zu befürchten hat, wird es gut sein, das Gas vor dem Austritt ins Freie nacheinander je einen Rieselturm mit schwerem Teeröl und Kalkmilch passieren zu lassen. Der Kessel trägt

Fig. 92.



noch das Mannloch *C* sowie den Ablaßhahn *E*. An das Mauerwerk desselben schließt sich ferner die eiserne Bühne *K* an, auf welcher der mit einer Heizschlange für überhitzten Dampf versehene eiserne Kessel *J* zum Lösen des Schwefels montiert ist. Dieser ist mit einem Deckel verschlossen, welcher je einen Stutzen für den Dampfeintritt *L*, das Abgasrohr *O* und den Stopfenverschluß *N*, sowie das Mannloch *Q* zum Einfüllen des Schwefels besitzt. Durch das Ablaufrohr *M* steht dieser Lösekessel mit dem Holzzementkessel *A* in Verbindung. *P* ist ein Hahn zum Ablassen des kondensierten Wassers aus der Heizschlange.

Die Arbeit in dieser in jeder Hinsicht zu empfehlenden Einrichtung gestaltet sich nun so, daß vor dem Ablassen des Pechs aus 15 Tons Steinkohlenteer durch das Mannloch *C* in den Kessel *A* 500 bis 600 kg dunkles, amerikanisches Harz (Kolophonium) eingetragen werden, welches beim Zusammentreffen mit dem heißen Pech sofort schmilzt. Sobald die Temperatur des Kesselinhalts auf ungefähr 175 bis 200° zurückgegangen ist, werden die inzwischen in dem Lösekessel *J* in 2500 bis 2800 kg erschöpften Anthrazenöl (Grünöl) gelösten

950 kg Schwefel in langsamem Strahl durch *M* nach dem Heben von *N* einfließen gelassen und der Inhalt des Kessels durch den Luftrührer *D* vermittelst komprimierter Luft gut durcheinander gearbeitet. Es beginnt eine lebhafte Entwickelung von Schwefelwasserstoff und der Inhalt des Kessels beginnt zu schäumen. Sobald der Schaum sich gesetzt hat, was bei abgestelltem Rührer durch Öffnen des Mannlochs *C* konstatiert werden kann, wird eine Probe gezogen und dieselbe auf ihre Konsistenz durch Eingießen in kaltes Wasser geprüft, wie wir dies schon bei der Fabrikation des Goudrons gesehen haben. Meistens wird man die richtige Konsistenz getroffen haben oder höchstens noch einen geringen Zusatz von Öl machen müssen. Ist der Holzzement einmal zu dünnflüssig ausgefallen, so wird man einen Zusatz von Pech unter Zuhilfenahme einer schwachen Anheizung machen müssen. Besser verfährt man natürlich, wenn man zum Lösen des Schwefels nicht alles Öl verwendet, welches man später der Masse zuzusetzen hat, sondern ein entsprechendes Quantum zurückbehält, um die richtige Konsistenz des Holzzements durch entsprechenden Ölzusatz nach und nach erreichen zu können.

Das Überhitzen des Dampfes geschieht in einem der bekannten Dampfüberhitzer in einer Feuerung auf ungefähr 320 bis 350° C.

Der fertige Holzzement wird, solange er noch dünnflüssig ist, durch einen Siebtrichter, wie wir ihn bei der Beschreibung der Fabrikation des Goudrons kennen gelernt haben, in die zum Versand bestimmten Fässer eingefüllt. Aus dem obigen Ansatz resultieren 12000 bis 13000 kg Holzzement von bester Qualität.

In Asphaltwerken, welche eigene Teerdestillerien nicht besitzen, geschieht die Fabrikation des Holzzements in der schon früher beschriebenen Goudronpfanne wie folgt. In der Pfanne werden 150 kg Harz, 900 kg mittelhartes Pech und 500 kg präparierter Teer (Dachlack) eingeschmolzen, und sobald eine ganz gleichmäßige Flüssigkeit erzielt ist, welche nicht mehr durch Entweichen von Wasserdampf aus dem Harz schäumt, werden 325 kg Schwefel eingeworfen und wird bei bedeckter Pfanne mit über das Dach führendem Abzug der Schwefel zum Schmelzen gebracht. Dies geschieht unter lebhafter Entbindung von Schwefelwasserstoff; man hat zu beobachten, daß die Temperatur der Flüssigkeit etwa 150 bis 200° nicht übersteigt. Ist dies der Fall und wird die Gasentwickelung zu heftig, so setzt man, am besten aus einem höher stehenden Reservoir, präparierten Teer zu, wovon insgesamt zu dem Ansatz 2700 kg gebraucht werden. Sobald ein Teil des Teers eingetragen ist, beginnt die Flüssigkeit unter Schaumbildung zu steigen, was man durch die am Deckel der Pfanne angebrachten verschließbaren Öffnungen beobachten kann. Man hat die erwähnte Temperatur genau einzuhalten, und die Pfanne darf anfangs nur wenig über ein Drittel gefüllt sein. Man läßt den präparierten Teer nach und nach in einzelnen Portionen einfließen und behält den letzten Rest zurück, bis man die Konsistenz der Mischung wie oben geprüft hat.

Die Schaumbildung wird nach und nach geringer und die Gasbläschen werden immer kleiner und zahlreicher, bis ein Moment eintritt, in dem die blanke Oberfläche des Teers zutage tritt. (Die Arbeiter sagen: „der Holz-

zement zeigt einen Spiegel".) Jetzt ist die Reaktion des Schwefels auf die Mischung vorüber. Man wartet noch kurze Zeit, bevor man den Deckel hochzieht, damit der im Innern noch vorhandene Schwefelwasserstoff durch den Schlot entweichen kann. Sobald der Spiegel sich zeigt, entfernt man das Feuer unter der Pfanne. Nach dem Aufziehen des Deckels wird noch kurze Zeit kräftig durchgerührt und nach entsprechender Abkühlung der Holzzement, wie beschrieben, in die Versandgefäße übergeschöpft. Der Ansatz liefert etwa 4000 kg Holzzement.

Es muß darauf aufmerksam gemacht werden, daß diese Art der Fabrikation wegen des Auftretens von Schwefelwasserstoff nicht ungefährlich ist. Unter allen Umständen wird man gut tun, die Pfanne in einem ringsum offenen Schuppen aufzustellen, oder wo es angängig ist, das Gas durch irgend eine der bekannten Vorrichtungen abzusaugen. Letzteres empfiehlt sich auch bei der auf S. 248 beschriebenen Herstellung von Holzzement in geschlossenen Apparaten.

G. Friedrich u. Co.[1]) stellen einen Holzzement, welcher sich kalt verarbeiten läßt, durch Mischen von rohem Steinkohlenteer, Braunkohlenteer, Steinkohlenteerpech, Harz, Schwefel, Melasse, Sirup, gelöstem Hartgummi, Firnissatz, Holzteer und rohem Harzöl her. Das Produkt enthält somit ziemlich alle industriellen Abfälle organischer Natur, und es befinden sich in der Tat auch einige darunter, deren Eigenschaften für den vorliegenden Zweck von Nutzen sein können. Welchen Vorteil freilich ein Zusatz von Melassesirup haben soll, ist unerfindlich. Wenn der einzige Vorzug dieser komplizierten Komposition der ist, daß sie sich kalt verstreichen läßt, so wird sie wohl kaum dem unter dem Namen „Holzzement" bekannten, bewährten Produkt den Rang ablaufen.

Über die Art der Anwendung des Holzzements vergleiche man das nächste Kapitel. Neben den Holzzementdächern bilden die doppellagigen Pappdächer in neuerer Zeit eine sehr beliebte Eindeckungsart für Fabrikgebäude u. dgl. mehr. Sie bestehen, wie schon der Name besagt, aus zwei Lagen übereinander geklebter Dachpappe gleicher oder verschiedener Stärke. Die einzelnen Pappstreifen werden gleichfalls mit einer aus künstlichem Asphalt hergestellten

Klebemasse aufeinander befestigt, welche aber eine größere Konsistenz wie der Holzzement neben der erforderlichen Klebefähigkeit besitzen muß. Daneben muß sie, da sie in wesentlich dickerer Schicht als der Holzzement aufgetragen wird, auch lapidar genug sein, um bei heißer Sommertemperatur von der geneigten Dachfläche nicht abzufließen. Auf welche Weise dieser Effekt erzielt wird, haben wir bereits angeführt.

Man erhält eine zur Herstellung von Doppelpappdächern wohl geeignete Klebemasse, wenn man in der Goudronpfanne 1000 kg mittelweiches Pech mit etwa 600 kg präpariertem Teer und 200 kg Kolophonium zu einem gleichmäßigen Gemisch zusammenschmilzt und in die geschmolzene Masse etwa 150 kg Schlemmkreide oder besser entsprechende Mengen feinst gesiebten Mergels oder Kaolinerde unter tüchtigem Umrühren einarbeitet.

---

[1]) D. R.-P. Nr. 61 555.

Nach R. und J. Joecks[1]) stellt man eine Klebemasse für Pappdächer, welche weder bei großer Hitze dünnflüssig, noch bei starker Kälte spröde wird, dadurch her, daß man den möglichst wasserfrei gemachten Steinkohlenteer mit etwa der gleichen Menge oder mehr fein gemahlener Schlämmkreide innig mischt und die Mischung sodann auf 110 bis 140° C erhitzt. Bei genauer Innehaltung dieser Bedingungen bildet sich ein neuer Körper von gummiartiger Beschaffenheit und der Konsistenz der grünen Seife, welcher eine homogene, gut streichbare Masse von hoher Klebekraft darstellt und diese Eigenschaften auch bei großer Hitze und starker Kälte behält. Um den Teer wasserfrei zu machen, läßt man ihn einige Monate ablagern und erhitzt ihn dann längere Zeit andauernd bei 100° C, der kohlensaure Kalk wird ebenfalls getrocknet, bis er vollständig wasserfrei ist und dann möglichst fein pulverisiert.

Luhmann[2]) führt folgende Vorschriften an:

	1	2	3
Abdestillierter Teer	50	50	50
Trinidadasphalt	15	—	—
Paraffinhaltiges Mineralöl	10	—	—
Kolophonium	—	15	15
Harzöl	—	5	—
Leinölfirnis	—	—	7
Gemahlener Ton	25	30	27
Braunstein	—	—	1

Kitte aus künstlichem Asphalt werden zu den verschiedensten Zwecken hergestellt.

Ein unter dem Namen „Faserkitt", hin und wieder auch unter der wenig geschmackvollen Bezeichnung „Flüssige Dachpappe" bekanntes, zur Reparatur schadhafter Pappdächer dienendes Material wird erhalten, wenn man zu 500 kg in einem gewöhnlichen Asphaltkessel erhitzten, präparierten Teer 50 kg Wollstaub (Abfall aus Wollkämmereien) und so viel Schlämmkreide, Mergel oder dgl. einrührt, daß eine in der Kälte plastische Masse entsteht.

Im allergrößten Maßstabe werden aus dem Steinkohlenteerpech Kitte zum Ausgießen der Muffen von Steinzeugröhren oder der Fugen von Straßenpflaster, Fabrikfußböden usw. (Pflasterkitt) hergestellt; man kann wohl sagen, daß außer der Brikettfabrikation die Herstellung derartiger Kittmaterialien den größten Teil des produzierten Pechs absorbiert. Gegen die Anwendung des Materials zu diesem Zweck läßt sich im allgemeinen nichts einwenden, wenn es in sachgemäßer Weise präpariert worden ist. Zum Verdichten der Muffen von Steinzeugröhren, bei welchem der Konsum an Kittmaterial nicht so bedeutend ist, wird man aus den schon früher entwickelten Gesichtspunkten mit Vorteil stets nur Kitt aus natürlichem Asphalt verwenden. Beim Straßenpflaster hingegen dürfte ein derartiges Produkt meistens zu kostspielig und durch einen guten Pflasterkitt aus Steinkohlenteerpech zu ersetzen sein.

---

[1]) D. R.-P. Nr. 96094 vom 11. März 1896. — [2]) loc. cit. S. 156.

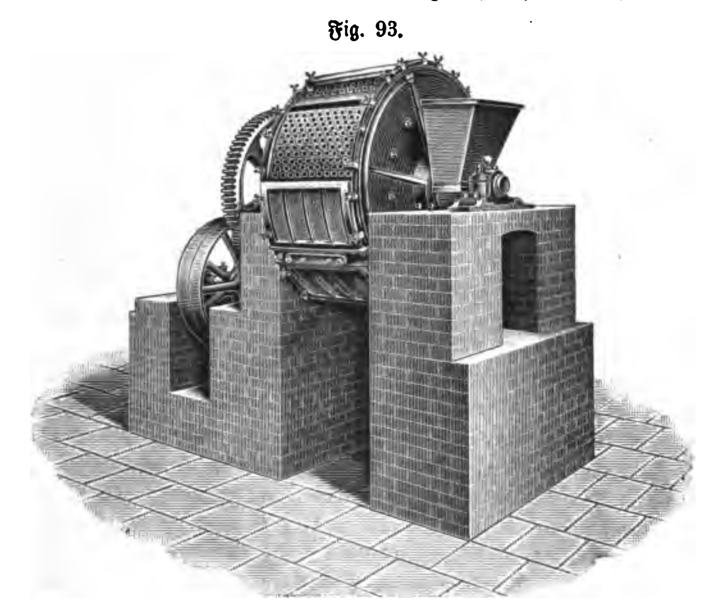
Den hohen Anforderungen entsprechend, denen ein derartiges Produkt in bezug auf Temperaturwechsel usw. zu genügen hat, muß die Wahl der Rohmaterialien eine sehr sorgfältige sein. Es ist nicht angängig, zu seiner Herstellung ein hartes Pech zu verwenden, dessen asphaltartige Bestandteile schon während des Destillationsprozesses, teilweise unter Abscheidung von Kohle, zersetzt worden sind. Ein geeignetes Steinkohlenteerpech muß speziell für diesen Zweck hergestellt werden, indem man den Teer nur auf sogen. Weichpech abtreibt und nicht etwa Hartpech durch nachträglichen Zusatz von schwerem Teeröl wieder weich macht. Man kann dabei sehr wohl noch einen großen Teil des Anthrazenöls abtreiben, darf aber hierin nicht zu weit gehen. Es ist auch durchaus nicht gleichgültig, welchen Zusatz man zum ferneren Weichmachen dieses Pechs verwendet. Viele Fabriken haben die Gewohnheit, alle Abfälle der Teerdestillation, welche sich nicht anderweitig verwerten lassen, in das Pech hineinzuarbeiten, so z. B. Naphthalinabfälle, Anthrazenrückstände, Säureharze usw. Von all diesen Abfällen lassen sich Anthrazenrückstände neben Ölen noch am besten verwenden, wenn sie nicht in zu großer Menge genommen werden, während Naphthalinrückstände unter allen Umständen zu verwerfen sind, weil sie ein anfänglich zwar weiches, bald aber durch Naphthalinverlust spröde und brüchig werdendes Produkt liefern. Am besten von allen Steinkohlenteerprodukten eignet sich zum Weichmachen des Pechs für die Zwecke der Asphaltkittfabrikation reines Grünöl, wie es aus der letzten Fraktion des Steinkohlenteers nach der Entfernung des Anthrazens entfällt. Ein ganz vorzügliches Produkt für diesen Gebrauch liefert auch guter Ölgasteer, welcher bis auf den Siedepunkt von etwa 200° abgetrieben worden ist.

Aus den schon mehrfach hervorgehobenen Gründen muß das Pech, wenn es auch bei starker Kälte noch eine gewisse Elastizität behalten und nicht spröde und brüchig werden soll, von sehr weicher Beschaffenheit sein. Ohne weiteren Zusatz würde jedoch ein derartiges Pech, als Pflasterkitt verwendet, im Sommer bei großer Hitze dünnflüssig werden und unter der Last der Fuhrwerke aus den Fugen hervorquellen. Um diesen Übelstand zu vermeiden, muß es durch entsprechenden Zusatz passender mineralischer Substanzen zähflüssig gemacht werden. In der Wahl dieser Substanzen liegt der Hauptvorteil für die Erzeugung eines guten Pflasterkitts. Das beste und zugleich billigste Produkt, das uns die Natur zu diesem Zweck bietet, ist der schon mehrfach erwähnte Löß oder Mergel; aber nicht alle Lagerstätten desselben eignen sich in gleich guter Weise. Es ist erstes Erfordernis, daß der Mergel möglichst sandfrei ist, weil er nur dann in der geschmolzenen Pechmasse in der Schwebe bleibt und ein absolut gleichmäßiges Produkt liefert.

Was nun die Fabrikation dieses Asphalt- oder Pflasterkitts anbelangt, so ist dieselbe sehr einfacher Natur und erfolgt in der gleichen Apparatur, wie sie schon unter der Beschreibung des Mastix aus natürlichem Asphalt ausführlich geschildert worden ist. Der auf irgend einer der gebräuchlichen Darren scharf getrocknete Löß gelangt mit Hilfe eines Becherwerkes in eine geeignete Mahlvorrichtung und aus dieser durch ein zweites Becherwerk auf eine rotierende Siebtrommel mit möglichst feinmaschiger Drahtgaze, welche sich wegen der be-

trächtlichen Staubentwickelung während des Siebens in einem geschlossenen Gehäuse befindet. Das Mahlen erfolgt mit der größten Leichtigkeit, da es lediglich den Zweck hat, die ohnehin schon im Zustande feinster Verteilung befindlichen Lößteilchen mechanisch zu trennen. Am besten eignet sich zum Zerkleinern des Löß eine sogen. „Kugelfallmühle" mit stetiger Ein- und Austragung, welche, mit entsprechendem Sieb versehen, gleich das Sichten des Materials mit besorgt. Eine derartige Mühle, wie dieselben von der Firma „Grusonwerk" in Buckau-Magdeburg gebaut werden, zeigt Fig. 93. Zum Einschmelzen der Materialien verwendet man entweder die gewöhnlichen transportabeln oder

Fig. 93.



eingemauerten Asphaltkessel oder einen der Mastifikateure, wie sie bereits früher beschrieben worden sind.

Was das Mischungsverhältnis anbelangt, so richtet sich dasselbe natürlich ganz nach der Beschaffenheit des Rohmaterials und dem Zweck, dem der Asphaltkitt später dienen soll. Asphaltkitt als Verdichtungsmittel zur Ausführung von Kanalisationen macht man vorteilhaft stabiler, als solchen zum Ausgießen der Pflasterfugen. Die Lage der Kanalröhren im Boden ist meistens unterhalb der Gefriergrenze, so daß ein Zusprödewerden des Dichtungsmaterials nicht zu befürchten steht, zumal, da man auch Rücksicht darauf zu nehmen hat, daß der Kanalinhalt häufiger höhere Temperatur zeigen wird, welche einen zu weichen Kitt leicht verflüssigen könnten. Wenn auch nicht zu befürchten ist, daß der Kitt unter diesen Umständen in das fest eingestampfte umgebende Erdreich eindringen und dadurch die Muffe undicht werden könnte, so würde doch der Rohrstrang an sich an Festigkeit bedeutend verlieren. Beim Pflasterkitt dagegen geht man in der Weichheit der Konsistenz bis zur Grenze der Möglich-

keit und gibt nur so viel Füllmaterial zu, daß der Kitt bei großer Hitze nicht aus den Fugen getrieben wird.

Nachstehend geben wir einige Mischungsverhältnisse, die gute Resultate liefern, vorausgesetzt, daß die Rohmaterialien entsprechend sind. Ein Asphaltkitt zum Ausgießen der Muffen von Steinzeugröhren usw. wird erhalten, wenn man 1600 kg mittelweiches Pech mit 1000 kg präpariertem oder destilliertem Teer oder der entsprechenden Menge Anthrazenabfallöl = Grünöl (100 Tle. präparierten Teers entsprechen etwa 30 bis 35 Tln. Anthrazenöl) einschmilzt und der geschmolzenen Masse nach und nach unter gutem Umrühren das gleiche Gewicht der Mischung an feingesiebtem, womöglich heißem Mergel hinzufügt. Das Produkt wird durch einen Siebtrichter in offene Fässer gefüllt und darin erstarren gelassen. Es muß in heißem Zustande noch so flüssig sein, daß es sich leicht in die Muffen eingießen läßt.

Einen guten Pflasterkitt erhält man auf die gleiche Weise, wenn man das Mischungsverhältnis wie folgt wählt: 2000 kg mittelhartes Pech, 800 bis 1000 kg präparierten oder destillierten Teer und 1000 bis 1200 kg getrockneten und gesiebten Mergel. Der Fabrikationsverlust beträgt in beiden Fällen höchstens 2 bis 3 Proz. vom Gewicht des eingeschmolzenen Materials. Wenn der Inhalt der Fässer erstarrt ist, versieht man die Oberfläche des Asphalts mit irgend einem weißen, gut haftenden Anstrich, um den Kitt vor dem Flüssigwerden in der Sonnenhitze zu schützen.

Die Verwendung dieser Kittmaterialien geschieht auf die gleiche Weise, wie bereits früher besprochen. Vielfach finden dieselben auch Anwendung zu isolierenden Anstrichen auf Mauerflächen u. dgl., zu welchem Zweck sie unter der Bezeichnung „Wandasphalt" in den Handel gelangen.

Mastix aus künstlichem Asphalt wird heute nur noch zu ganz bestimmten Zwecken verwendet; als Parkettasphalt wird er in großen Mengen verbraucht zum Verlegen der Stabfußböden an Stelle von natürlichem Asphaltmastix, als Factice, Antielaiolith usw., zur Herstellung von Fußbodenbelägen in Kellerräumen, Maschinensälen u. dgl. mehr, in denen eine ziemlich gleichmäßige, nicht zu hohe und nicht zu niedrige Temperatur herrscht. In manchen Fällen eignet er sich hierzu besser wie natürlicher Asphalt, weil er der Einwirkung von mineralischen und pflanzlichen Ölen besser widersteht als dieser. Die Materialien zur Herstellung des künstlichen Asphaltmastix sind die gleichen wie für Asphaltkitt. Als Füllmaterial für Parkettasphalt, welcher im allgemeinen etwas leichtflüssiger zu halten ist, verwendet man am besten getrockneten und gesiebten Löß, während sich zur Herstellung von Asphaltmastix für Fußbodenbeläge mehr ein möglichst kalkfreier Ton oder Lehm empfiehlt, der das Produkt zugleich auch säurefest macht. Zur Fabrikation dieser Produkte dient natürlich die gleiche Apparatur wie zur Herstellung von natürlichem Asphaltmastix. Folgendes sind erprobte Rezepte für die beiden Produkte:

Parkettasphalt: 1750 kg mittelweiches Pech und 250 kg präparierter Teer werden zusammengeschmolzen und nach und nach 2,2 cbm feingesiebter Mergel, welcher in diesem Falle aber nicht sandfrei zu sein braucht, eingearbeitet. Man kann auch einen Teil des Mergels (Löß) durch feinen

Sand ersetzen, welcher das Gewicht vergrößert und die Masse angeblich verarbeitungsfähiger machen soll. Im Handel wird der Parkettasphalt in einer derartigen Beschaffenheit verlangt, daß er sich ohne jeglichen Zusatz von Goudron verarbeiten läßt; man hat daher in jedem Falle das beste Mischungsverhältnis für die zu Gebote stehenden Rohmaterialien auszuprobieren.

Factice, Antielaiolith (öl- und säurefester Asphalt): 1000 kg mittelhartes Pech werden eingeschmolzen und so lange gesiebter, womöglich heißer Ton eingetragen, bis das Gemisch die richtige Konsistenz hat und nicht mehr an einem eingeführten hölzernen Spachtel festhaftet. Je nach dem verschiedenen spezifischen Gewicht des Tons ist die Gewichtsmenge desselben eine verschiedene. Im allgemeinen kann man sagen, daß auf 1000 kg Pech 2200 bis 2500 kg Tonpulver (= etwa 2 cbm) erforderlich sind.

Sowohl der Parkettasphalt, als auch der künstliche Asphaltmastix für Fußbodenbelag wird in Brote geformt, welche häufig den aus natürlichem Asphalt in Form und Größe völlig gleichen, sich aber durch ihre schwarzgraue Farbe und ihr größeres Gewicht leicht von diesen unterscheiden lassen, so daß eine absichtliche Täuschung für Kenner wohl ausgeschlossen ist.

Die weitere Verarbeitung dieser Produkte geschieht in der gleichen Weise, wie sie für natürlichen Asphaltmastix bereits eingehend beschrieben worden ist. Die Verlegung des Parkettasphalts erfolgt ohne jeglichen Zusatz von Sand oder Kies, während der Asphalt für Fußbodenbelag einen Zuschlag von möglichst scharfem Sand und Goudron erfordert. Als Goudron benutzt man in diesem Falle meistens gewöhnliches Weichpech; empfehlenswerter ist aber ein Goudron aus Braunkohlenteerprodukten und am besten guter Trinidadgoudron oder Trinidad epuré. Bei einer Ausführung, die sich vorzüglich bewährt hat, gebrauchte man auf 225 kg des künstlichen Mastix 10 kg Trinidadgoudron neben 5 kg Trinidad epuré und 40 Liter (= 70 kg) scharfen Sand. Natürlich richten sich diese Zusätze ganz nach der Beschaffenheit des Materials und es können daher die obigen Zahlen lediglich als Beispiel dienen.

Wie nicht anders zu erwarten, sind auf die Herstellung von Mastix aus künstlichem Asphalt eine Reihe von Patenten genommen worden, deren wesentlichste wir hierunter zusammenstellen.

W. B. Beauchamp[1]) ließ sich Verfahren und Apparat zur Herstellung von künstlichem Asphalt schützen.

A. M. Gobin[2]) schmilzt 15 Tle. Bitumen (weich) aus Schiefern, 35 Tle. Teerpech, 10 Tle. Kokspulver, 130 Tle. Kalksteinpulver und 160 Tle. feinen Sand zusammen.

B. L. Daguzan[3]) erhitzt Steinkohlen- oder Holzteer in einem Kessel bis zur Verdampfung des Wassers (unpraktisch!) und fügt feingepulverten Kalkstein oder Marmor, welcher vorher geröstet worden ist, und 5 Proz. Eisenoxyd, kieselsaures Kali, schwefelsauren Kalk u. dgl. unter innigem Mischen hinzu.

Nach A. Riebeck[4]) stellt man sich zunächst einen guten Kalkmörtel aus

[1]) Engl. Pat. Nr. 4932 von 1878. — [2]) Engl. Pat. Nr. 1865 von 1879; Chem.-Ztg. 1879, S. 210. — [3]) D. R.-P. Nr. 4999; Dingl. polyt. Journ. 1879, S. 210. — [4]) D. R.-P. Nr. 11498.

1 Tl. gelöschtem Kalk und 2 Tln. Sand her, den man der Ruhe überläßt, bis er abgebunden hat und erhärtet ist. Dieser wird dann zerkleinert, pulverisiert und mit auf 60° erwärmtem Goudron (Nebenprodukt der Paraffin- und Mineralölindustrie) innig vermengt. Das Produkt soll als Asphaltmörtel Verwendung finden; handelt es sich darum, den Mörtel nur gegen Wasser und Chemikalien widerstandsfähig zu machen, so nimmt man auf 1 Tl. Bitumen 2 Tle. Kalkmörtel. Hat das Mauerwerk aber höhere Temperatur auszuhalten, so sind auf 1 Tl. Bitumen 6 Tle. Kalkmörtel erforderlich.

Kingzett[1]) schlägt vor, Sodarückstand der Leblanc-Fabriken an der Luft zu trocknen, zu mahlen und mit Steinkohlenteerasphalt in geschmolzenem Zustande zu mengen, um Asphaltpflaster u. dgl. herzustellen.

Aus dem bei der Paraffin- und Mineralölfabrikation gewonnenen Erdharz stellt H. Randhahn[2]) ein dem Asphalt sehr ähnliches Gemisch her, welches beim Erkalten zu einer gleichmäßigen, harten Masse erstarrt, die erst kurz vor dem Schmelzpunkt weich wird, indem er das Harz mit der $2^1/_2$ bis $3^1/_2$ fachen Menge Braunkohlenkoks, wie er die Schwelöfen verläßt, mischt. Vorteilhaft ist es, der Masse dann noch scharfkörnigen Sand zuzusetzen und dieselbe auf heißen Platten längere Zeit zu erhitzen.

Zur Herstellung von Asphaltmastix trocknet und pulverisiert C. Lortzing[3]) die aus den Abwässern der Wollwäschereien erhaltenen Wollfettschlammkuchen. Von diesem Pulver werden 85 Tle. zu 15 Tln. Wollfett, das ebenfalls aus den Wollwaschwässern vor der Abscheidung des Schlammes gewonnen und in einem Kessel geschmolzen wird, zugesetzt. Der Masse können noch 100 Tle. Kalk oder ein anderes Füllmaterial zugesetzt werden. Unter Umständen werden die Schlammkuchen auch in einem Kessel der Einwirkung von Dampf von 5 Atm. Spannung ausgesetzt, wobei sich das Wasser aus der zäh werdenden Masse abscheidet.

W. C. Constable[4]) läßt harten Kalkstein zerkleinern und zur Entfernung der Feuchtigkeit auf 120 bis 130° F erhitzen. Das trockene Pulver wird mit destilliertem Teer gemischt und die Mischung, welche die Basis der Komposition bildet, etwa drei Monate gelagert. Zur Herstellung des Asphalts vermischt man dann dieses Produkt mit etwa 8 Proz. Goudron, 10 Proz. Kalk, $2^1/_2$ Proz. Schwefelsäure und 12 Gallons destillirtem Teer auf eine Tonne Kalkstein. Die Masse wird kalt verlegt und mit gemahlenem Kalkspat bestreut.

G. P. Vith Nielsen[5]) hat einen neuen künstlichen Asphalt erfunden, welcher angeblich mit der Billigkeit des früher bekannten künstlichen Asphalts auch den Vorzug der guten Eigenschaften des natürlichen Asphalts verbindet, ohne die Mängel des seither bekannten künstlichen Asphalts (Weichwerden bei höherer und Spröde- resp. Brüchigwerden bei niedriger Temperatur) zu besitzen, so daß er sich zur Straßenasphaltierung eignet und hierzu den natürlichen Asphalt zu ersetzen vermag. Je nach dem Verhältnisse, unter denen er verwendet werden soll, kann dieser künstliche Asphalt auf verschiedene Weise zusammengesetzt werden, besteht aber in der Hauptsache aus einer Mischung von

[1]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1882, p. 81. — [2]) D. R.-P. Nr. 12050. — [3]) D. R.-P. Nr. 24712; Chem. Ind. 1883, S. 353. — [4]) Engl. Pat. Nr. 3832 von 1886; Chem.-Ztg. 1887, S. 963. — [5]) Österr.-ung. Privilegium 40/3338.

Fichtenharz oder Kolophonium, Teer oder Goudron, feinzerteilter Kreide und Grus, wozu je nach den Umständen natürlicher Asphalt gefügt wird. Für Fahrstraßen wird beispielsweise eine Mischung von 13 Tln. Fichtenharz oder Kolophonium, 26 Tle. Kreide, 53 Tle. Grus und 8 Tle. Teer oder Goudron empfohlen. Dieses Mengenverhältnis läßt sich innerhalb „ziemlich“ weiter Grenzen variieren.

Einen Asphalt, welcher der Einwirkung von Säuren und Ölen widersteht, erhalten H. P. und E. G. Williams[1]) durch Mischen von Sand mit Pech, welchem alles Kreosotöl entzogen worden ist (= Weichpech). Der Asphalt soll sich besonders für Räume, in denen elektrische Batterien stehen, sowie zur Herstellung säurefester Behälter usw. eignen.

G. F. Sidney[2]) erhitzt Steinkohlenteer oder Pech während zwei bis vier Stunden auf 350° F, bis das spezifische Gewicht auf 1,261 gestiegen ist. Dann wird die gleiche Gewichtsmenge Retortenschiefer, d. h. Rückstand von der Schieferölgewinnung, oder Schieferasche oder Kohlenasche in feiner Pulverform zugegeben. Das Gemisch soll gleichfalls für Straßenpflaster und ähnliche Zwecke geignet sein.

Auf die Herstellung eines Kunstasphalts, der aber offenbar mehr zur Ausführung von Stampfasphaltarbeiten dienen soll, haben auch A. Hannemann und G. Boisly[3]) ein Patent entnommen, das in folgendem besteht:

500 kg Steinkohlenteerpech werden, je nachdem ein weicherer oder härterer Asphalt erzielt werden soll, mit 10 bis 40 kg Schwefel auf Schmelzwärme bis zum Aufhören der heftigen Reaktion erhitzt. Die zähe Masse wird dann mit 12 kg fein gesiebtem Chlorkalk durchmischt, nach dem Erkalten gemahlen und mit gepulvertem Kalkstein, gemahlener Schlacke, Sand, Eisenoxyd (Schwefelkiesabbrand) usw. gemischt und nochmals bis zur Verbindung des Asphalts mit dem Füllmaterial erhitzt oder gedarrt. Die so hergestellte Masse wurde früher auf einfachen Kniehebelpressen verdichtet.

Inzwischen ist das Verfahren sehr wesentlich verbessert worden. An Stelle von Pech wird Steinkohlenteer und als Zuschlagsmittel granulierte und gemahlene Hochofenschlacke benutzt, die in geeigneter Weise vorbereitet, gemischt und in hydraulischen Pressen bei 200 Atmosphären Druck verdichtet wird. Auf diese Weise werden Platten von 25 . 12,5 . 5 cm und 25 . 26,5 . 5 cm hergestellt.

J. W. Hayward[4]) stellt einen künstlichen Asphalt aus Petroleumrückständen her; nach diesem Verfahren wird gemahlener Kalkstein oder ein gleichartiger Stoff in dem notwendigen Verhältnis von etwa 20 bis 60 Proz., je nach dem Zustande oder der Qualität des Petroleumrückstandes oder des zu erzielenden Produktes, zu dem Rückstand zugefügt und dann ein Oxydationsprozeß veranlaßt. Der Zusatz geschieht vor der Oxydierung, weil dann eine innigere Mischung stattfindet und die Luft eine vergrößerte Oberfläche findet und deshalb die Oxydation schneller bewirkt. Die die Mischung von Petroleumrückständen und Kalksteinen enthaltende Retorte wird auf die nötige Temperatur erhitzt und während der Erhitzung Druckluft eingeführt und in der Mischung wirksam verteilt, so daß diese schnell oxydiert wird und den notwendigen Grad von Konsistenz gewinnt.

[1]) Engl. Pat. Nr. 13595 vom 29. August 1890; Chem.-Ztg. 1892, S. 320. — [2]) Engl. Pat. Nr. 15316 vom 10. Juli 1896; Chem. Ind. 1897, S. 558. — [3]) D. R.-P. Nr. 83550 vom 3. Juni 1894. — [4]) D. R.-P. Nr. 104198.

Bei der Ausführung dieses Verfahrens wird die die Mischung enthaltende Retorte um eine feste, hohle Welle gedreht, welche zur Zuleitung der Luft dient und mit hohlen Armen versehen ist, durch welche Luft in die Mischung eindringt, und welche gleichzeitig als Rührflügel und Kratzer dienen, um die Masse zu zerteilen und aufzubrechen und so den Durchgang der Luft zu erleichtern.

Zu weiterer Erleichterung der Oxydation kann während der Erhitzung ozonisierte Luft verwendet werden.

Einen verbesserten Asphaltisoliermörtel will H. Christen[1]) dadurch herstellen, daß er zu einem Gemisch aus Steinkohlenteer und Koksgrus oder Sand einen Zusatz von Asbest und Infusorienerde macht.

C. Dörr u. Co.[2]) bezwecken die Herstellung fester Körper aus Teer und Füllstoffen, indem sie im geschlossenen Gefäß dem auf höchstens 150° C erhitzten Rohteer organische oder anorganische Füllstoffe, wie Sägemehl, Sand oder Kies, oder ein Gemenge derselben zusetzen und so lange auf 150 bis 200° C erhitzen, bis 7 bis 10 Proz. des Rohteers abdestilliert sind. Sie bezwecken damit, eine möglichst große Menge des Füllmaterials durch Teer binden zu können.

Einige weitere Vorschriften, die indessen nichts wesentlich Neues enthalten und auf die verwiesen werden muß, geben Röthling[3]) und Thenius[4]).

Wenn auch der künstliche Asphalt weder in der Form von Mastix noch als Pulver für Stampfarbeit im allgemeinen zu Straßendecken verwendet wird, so hat sich gleichwohl doch besonders in England ein Verfahren ausgebildet, um Steinkohlenteer oder Pech als Bindemittel bei Makadam-Fahrstraßen zu verwenden. Einem Aufsatz von H. Jahn[5]) entnehmen wir über das dabei eingeschlagene Verfahren folgende näheren Angaben. Als Material verwendet man Schlacken und Sinter aus Hochöfen und Eisenwerken, Sandstein, Kalkstein und Granit. Das Material wird zu Schotter zerkleinert und entweder in Röstofen oder auf Darren von aller Feuchtigkeit befreit und in diesem Zustande zur Verwendungsstelle gebracht. Die angewandte Teermischung ist überall verschieden. Eine beliebte Komposition besteht aus Pech und Gasteer, welche zu einer gewissen Dichtigkeit gekocht werden; an einigen Stellen wird Kreosotöl dem Teer als Verdünnungsmittel vorgezogen. Das Pech sollte hart, aber nicht zu spröde und brüchig sein, der Teer wasserfrei, am besten alt und abgelagert. Das Mengenverhältnis zwischen Teer und Pech wechselt je nach der Herkunft des Teers, d. h. seinem spezifischen Gewicht usw. und läßt sich aus diesem Grunde ein genaueres Mischungsverhältnis nicht geben. Nach verschiedenen, in Gainsborough (England) ausgeführten praktischen Versuchen hat sich das folgende Verhältnis als praktisch erwiesen:

Gewicht des Materials		180	Tonnen		
Angewandter Teer pro Tonne . . .		13	Gall.	= 59	Liter
Angewandtes Pech „ „ . . .		$2^1/_2$	„	= 11,35	„
	oder	26	lbs.	= 11,7	kg

[1]) D. R.-P. Nr. 125891 vom 24. November 1900. — [2]) D. R.-P. Nr. 137567, 23. Dez. 1898; Chem. Ind. 1903, S. 62; ungar. Priv. vom 28. Juni 1899. — [3]) loco cit. S. 27. — [4]) loco cit. S. 117. — [5]) Zeitschr. f. Transportwesen 1898, S. 329.

Die auf heißen Platten getrockneten Steine werden in konische Haufen gebracht, die mit der Teermischung übergossen und so lange durchgearbeitet werden, bis jeder Stein gründlich und gleichmäßig mit der Teermischung überzogen ist. Man erzielt ein besseres Resultat, wenn man die geteerten Steine bedeckt längere Zeit (etwa ein bis zwei Monate) liegen läßt, da dann der Teer Gelegenheit hat, in die porösen Teile der Steine einzudringen und dieselben förmlich zu durchtränken.

Aus diesem Material wird dann eine 10 cm dicke Packlage auf dem Fundament angebracht und mit der Dampfwalze abgewalzt; eine Decklage aus hartem, aber ganz klein geschlagenem Material, genau behandelt wie die vorige, wird in 25 mm Stärke aufgetragen und ebenfalls abgewalzt. Schließlich wird die ganze Oberfläche mit Kalkstein- oder Schlackenstaub bestreut und die Straße etwa eine Woche gegen den Verkehr gesperrt. Die Arbeit sollte nicht während der Wintermonate vorgenommen werden; je wärmer das Wetter, desto größer ist die Garantie für eine gute Haltbarkeit der Straße. Die Kosten des Materials belaufen sich auf etwa 8,50 Mk. pro Tonne. Derartige Asphaltmakadamstraßen kommen in England immer mehr auf und bewähren sich ausgezeichnet.

Ähnlich wird nach Boulton[1]) das sogen. „tarpavement" in England hergestellt, indem man auf eine Betonunterlage ein gekochtes Gemisch von trockenem, lehmfreiem Sand oder Kies mit präpariertem Teer oder ganz weichem Teerasphalt bringt, die Lage einstampft und erkalten läßt, worauf man eine dünnere Deckschicht aus Sand, Pech und Teer gibt, welche die Zwischenräume zwischen dem Kies ausgleicht und eine glatte Oberfläche gibt.

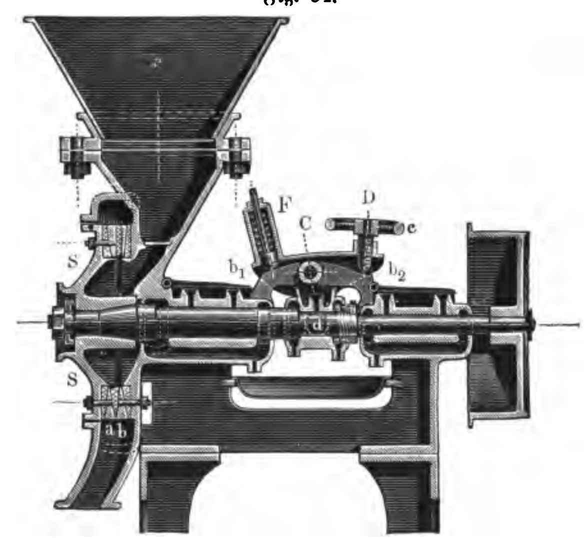
Als im weiteren Sinne zum künstlichen Asphaltmastix gehörig haben wir den sogen. „Korkasphalt" zu betrachten, welcher, wie schon sein Name besagt, aus Kork und Asphalt besteht. Dieses Material findet in neuester Zeit eine immer ausgedehntere Verwendung als Isolier- und Baumaterial, nachdem man lange vorher schon Korksteine mit mineralischem Bindemittel (Gips, Zement, Kalk usw.) hergestellt hatte. Vor diesen Steinen, die infolge ihres geringen spezifischen Gewichts, ihrer Undurchlässigkeit für Wärme und Schall ein beliebtes Material zur Ausführung von Zwischenwänden und Fehlböden in Gebäuden und von Wärmeschutzmänteln für Rohrleitungen aller Art geworden sind, besitzt der Korkasphalt den unläugbaren großen Vorteil, keine Feuchtigkeit aufzunehmen, von Wasser nicht benetzt und von sauren und alkalischen Gasen und Dämpfen nicht angegriffen zu werden. Man fertigt aus dem Material sowohl Platten und Mauersteine, Formstücke zum Umhüllen von Rohrleitungen und kann es unter geeigneten Verhältnissen ebensowohl als Mastix an Ort und Stelle verlegen.

Als Rohmaterial zur Herstellung der Korkasphaltmasse dienen Korkspäne (Abfälle der Korkschneidereien) und Steinkohlenteer oder Pech, seltener Goudron oder Trinidadasphalt. Zum Zerkleinern der Korkabfälle, welche in Stückchen von 3,5 bis 10 mm, je nach dem Zweck, dem das Material dienen soll, verwendet werden, eignet sich am besten eine Grusonsche Excelsiormühle, deren

[1]) Lunge-Köhler, 4. Aufl., S. 420.

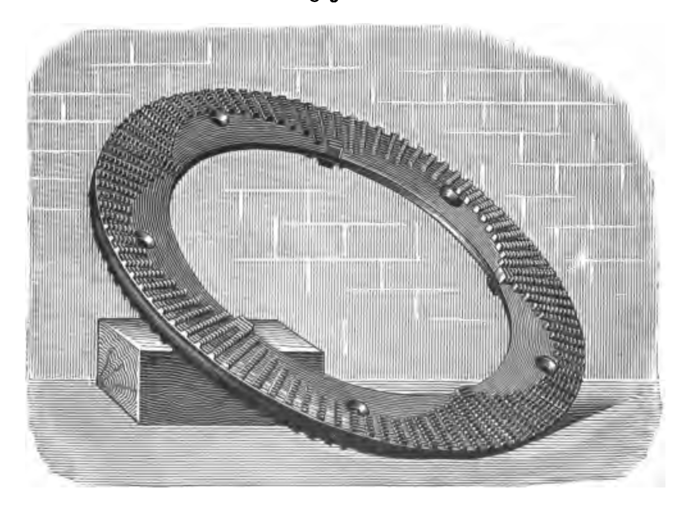
Konstruktion aus Fig. 94 und 95 ersichtlich ist. Das Prinzip dieser Mühle beruht darauf, daß eine mit vorspringenden Zähnen versehene Gußstahlscheibe

Fig. 94.



gegen eine ebensolche, feststehende Scheibe (Fig. 95) rotiert. Die Mühle kann enger und weiter, je nach Bedarf gestellt werden. Man läßt das Mahlgut die Mühle mehrmals passieren, indem man diese erst weit und dann nach und nach

Fig. 95.



entsprechend enger stellt. Da die Korkabfälle häufiger Eisenteile, wie Nägel, zerbrochene Messer, von der Bearbeitung herrührend u. dgl. enthalten, welche die Mühle unter Umständen rasch zerstören würden, empfiehlt es sich, das Mahl-

gut vor dem Aufgeben auf die Mühle einen Magneten (Fig. 96) passieren zu lassen, der alle derartigen Verunreinigungen zurückhält.

Die Scheiben der Excelsiormühlen sind auf beiden Seiten mit Zähnen versehen und können, falls eine Seite stumpf geworden ist, durch einfaches Umdrehen auf der anderen Seite benutzt werden. Zu bemerken ist noch, daß durch Kreuzen des Antriebsriemens, so daß die Rotation in umgekehrter Richtung erfolgt, die Mühle, wenn einmal stumpf geworden, wieder greift, weil die Zähne der Scheiben nur an ihren Ecken wirksam sind. Man schärft die Mühle übrigens auf sehr einfache Weise dadurch, daß man dieselbe scharfen Sand mit Wasser passieren läßt.

Der gemahlene Kork passiert noch einen Siebzylinder, dessen Gazeüberzug verschiedene Maschenweiten besitzt, welcher eine Sortierung nach verschiedener

Fig. 96.



Korngröße bezweckt. An Stelle des manchmal schwer zu beschaffenden Korks verwendet man zuweilen auch entkornte und in ähnlicher Weise bearbeitete Maiskolben u. dgl., doch stehen derartige Substitute in bezug auf Leichtigkeit und Elastizität weit hinter dem Kork zurück.

Die Fabrikation des Korkasphalts selbst ist eine sehr einfache Sache; sie besteht im wesentlichen darin, den zerkleinerten Kork oberflächlich mit einer dünnen Asphaltschicht zu überziehen, welche einerseits den Zweck hat, den Kork gegen den Einfluß von Feuchtigkeit usw. zu schützen, andererseits die kleinen Korkteilchen zu einem zusammenhaftenden Ganzen zu konglomerieren. Das Vermischen des Korkgruses mit dem schon vorher geschmolzenen Pech oder Asphalt geschieht entweder in gewöhnlichen Asphaltkesseln unter tüchtigem Durcharbeiten der Masse oder besser in einem der schon mehrfach erwähnten Mischapparate mit mechanischem Rührwerk.

Als Bindemittel verwendet man in der Regel ein gutes, mittelweiches Pech, das man bei gelinder Feuerung einschmilzt. In das geschmolzene Pech

wird dann der gekörnte Kork nach und nach unter gutem Umrühren portionenweise eingetragen, und zwar so lange, bis er oberflächlich noch ganz mit Asphalt überzogen, die Masse aber nicht zu fett ist, um das spezifische Gewicht nicht unnötig zu vergrößern; es genügt, wenn die Asphaltschicht nur so dick ist, um der Masse eine genügende Bindekraft zu erteilen. Auf je 100 kg Pech wird man im Durchschnitt etwa 45 bis 50 kg gebrochenen Kork gebrauchen. Es ist bei dieser Fabrikation von der größten Wichtigkeit, daß die Masse nicht zu stark erhitzt und jegliches Anbrennen derselben an der heißen Kesselwand, das sich durch Aufsteigen gelber Dämpfe bemerkbar macht, vermieden wird. Der zu hoch erhitzte Kork zersetzt sich und wird brüchig; das daraus hergestellte Produkt besitzt keine Elastizität und ist so spröde, daß es, z. B. in Plattenform, schon unter den Händen zerbricht. Vorsichtiges und mäßiges Heizen der Kessel, sowie

Fig. 97.

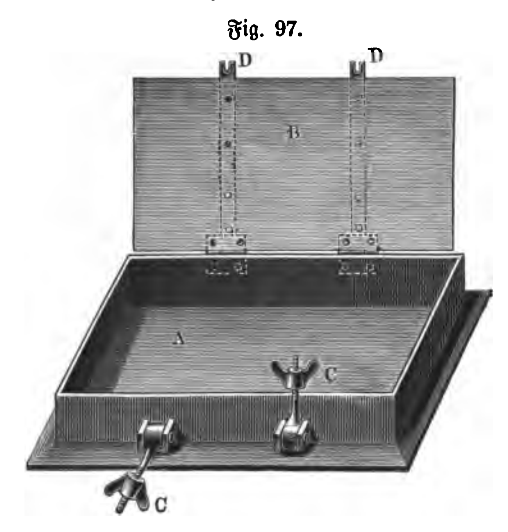
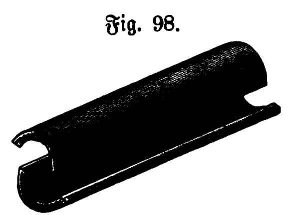


Fig. 98.



unausgesetzte Bewegung der Masse ist daher erste Bedingung für die Erzielung eines guten Resultats.

Um aus der fertigen Masse Gegenstände für verschiedenartigen Gebrauch herzustellen, wird dieselbe in heißem, noch plastischem Zustande in entsprechende Formen gepreßt und erkalten gelassen. Zur Herstellung von Platten und Steinen bedient man sich einer eisernen Form, welche Fig. 97 zeigt. Sie besteht aus einem unten offenen Rahmen *A* aus entsprechend starkem Winkeleisen, welcher oben mit dem Scharnierdeckel *B* versehen ist, in dessen beide Gabeln *D* die Flügelschrauben *C* eingreifen. Eine größere Anzahl dieser Rahmen wird auf einem Tisch mit eiserner Platte aufgestellt; die Asphaltmasse wird in diese Rahmen eingebracht, mit dem Spachtel oberflächlich geglättet, der Deckel eingelegt und festgeschraubt. Nach dem Erkalten fallen die fertigen Platten leicht aus der Form, besonders wenn diese und der Tisch vorher leicht mit Mineralöl (Paraffinöl) abgerieben worden sind.

In ganz ähnlicher Weise erzeugt man auch Formstücke jeder Art aus Korkasphalt, z. B. Korkasphaltschalen, zum Umhüllen von Rohrleitungen (Fig. 98), ausgenommen solche für Dampf, an welchen das Material natürlich wegen seiner Unbeständigkeit bei Temperaturen über 100° nicht verwendet werden kann.

Der Korkasphalt, spez. Gew. = 0,4, ist noch bei relativ hohen Temperaturen beständig, so daß er sich beispielsweise in verputztem Zustande (2 bis 3 mm starke Schicht von Gips- oder Zementputz) bei 80° C durch mäßig starken Druck noch nicht deformieren läßt.

Die glückliche Vereinigung der angeführten schätzbaren Eigenschaften sichern dem neuen Material ein umfangreiches Gebiet der Anwendung.

Von größter Bedeutung ist der Korkasphalt in allen jenen Fällen geworden, wo es sich um die Abhaltung von Kälte oder Wärme handelt. Besondere Wichtigkeit hat das neue Material nach C. F. Weber daher für Spinnereien, Webereien und dergleichen Etablissements erlangt, in welchen, namentlich im Winter, durch die an der kalten Decke sich niederschlagende Feuchtigkeit und dadurch verursachtes beständiges Tropfen derselben schon häufig großer Schaden angerichtet worden ist. Zur Abhilfe dieses Übelstandes genügt ein 3 bis 5 cm starker Belag von Korkasphaltplatten über der Decke.

Durch Isolierung der Wellblechdächer mit Korkasphalt wird der gerade bei dieser Deckungsart besonders stark hervortretende Übelstand des Abtropfens von Schwitzwasser vermieden. Bestehende Wellblechdächer, welche tropfen, können daher durch Ausfüllung der Wellen mit Korkasphalt und Überzug der glatten Fläche mit einer Lage Dachpappe tropfsicher gemacht werden.

Aus dem gleichen Grunde empfiehlt sich der Korkasphalt zur Herstellung von Dunstfängen in Küchen, Wasch- und Badeanstalten usw., wobei demselben seine große Leichtigkeit noch außerdem sehr zu statten kommt.

Vortrefflich bewährt sich das Material auch als Zwischenfüllung bei Eishäusern zur Abhaltung der äußeren Wärme. Zur Umhüllung der Rohrleitungen von Eismaschinen dienen Schalen von Korkasphalt, welche absolute Widerstandsfähigkeit gegen die Dämpfe von Ammoniak und schwefliger Säure besitzen, was bei keinem anderen seither zum gleichen Zwecke verwendeten Materiale der Fall ist.

Infolge seiner großen Leichtigkeit und absoluten Trockenheit empfiehlt sich Korkasphalt besonders auch zu Scheidewänden, namentlich in den oberen Etagen von Wohnhäusern usw., wobei noch speziell darauf aufmerksam gemacht werden soll, daß der Putz an solchen Wänden infolge der rauhen Oberfläche des Materials außerordentlich fest haftet. Ebenso kann Korkasphalt zur Bekleidung von Fensternischen u. dgl., welche im Winter infolge der geringeren Wandstärke durch die Kälte stark beeinflußt werden, Anwendung finden, besonders da derselbe auch wegen seiner Undurchlässigkeit für Feuchtigkeit, welche sich an diesen Stellen bekanntlich hauptsächlich niederschlägt, die Holzbekleidungen vor dem Verstocken und vor Schwammbildung schützt. Dieselben Vorteile kommen dem Korkasphalt auch als leichte Ausfülle oder als Fehlboden zu gute.

Dagegen muß es als ein Nachteil des Korkasphalts angesehen werden, daß die daraus angefertigten Platten u. dgl., durch den Einfluß der Wärme leicht in ihrem Zusammenhang gelockert, deformiert werden und unter Umständen gänzlich zerfallen. Das Material ist daher für manche Zwecke, denen es recht wohl dienen könnte, nicht anwendbar. Diesem Umstand trägt das Verfahren

zur Herstellung von Korksteinen von Grünzweig und Hartmann[1]) Rechnung, welches sich eines gegen den Einfluß der Wärme widerstandsfähigen, asphaltartigen Bindemittels bedient. Dieses besteht aus einer wässerigen Emulsion von möglichst fettem Ton mit Teer. Natürlich müssen die mit diesem Bindemittel gefertigten Steine getrocknet werden, was bei einer Temperatur von etwa 150° geschieht. Dabei entweicht das Wasser und die flüchtigen Bestandteile des Steinkohlenteers. Das Bindemittel haftet schon als feinste Haut zäh und fest auf dem Kork, so daß die Bruchfestigkeit des Korksteins 7,21 kg pro Quadratzentimeter beträgt bei einer Druckfestigkeit von 17 kg. Das spezifische Gewicht dieses Materials liegt zwischen 0,25 bis 0,3. Auf Wasser schwimmend, nimmt dasselbe nur an der Berührungsstelle Wasser auf.

Ein ähnliches Produkt wie Grünzweig und Hartmann hat sich auch A. Haacke[2]) schützen lassen, bestehend aus Korkklein, Pech und heißem Tonbrei, und zwei weitere Zusatzpatente[3]) angemeldet.

Nafzger und Rau[4]) stellen die Hauptmasse der Korkisoliermaterialien aus grobem Kork mit nur wenig Bindemittel her und überziehen bloß die Oberfläche mit einer Deckschicht aus möglichst fein gemahlenem Kork und viel Bindemittel, um eine glatte Oberfläche zu erzielen. Bis zu einem gewissen Grad dürfte dadurch auch der Nachteil des Erweichens des Korkasphalts in der Wärme beseitigt sein.

Die Verwendung des Korkasphalts zu geräuschlosem Straßenpflaster haben wir bereits an einer anderen Stelle erwähnt.

---

[1]) D. R.-P. Nr. 68532, 1891. — [2]) D. R.-P. Nr. 128231. — [3]) D. R.-P. A., H. Nr. 25365 u. 28033. — [4]) D. R.-P. Nr. 122803 vom 29. Sept. 1900.

Zehntes Kapitel.

Die Fabrikation der Dachpappe und der Isolierplatten.

Die Erfindung der Dachpappe reicht, wenn man die Erzeugnisse des schwedischen Admiralitätsrats Faxa und des Deutschen Michael Kag als solche bezeichnen will, wie wir gesehen haben, bis zum Ende des 18. Jahrhunderts zurück. Gilly [1]) erkannte die Wichtigkeit der Erfindung und empfahl sie dem deutschen Publikum zur Einführung. Dachpappe ist denn auch nach der genannten Quelle an verschiedenen Plätzen Deutschlands als Dachbedeckungsmaterial zur Anwendung gekommen, allein die politischen Wirren zu Anfang des vorigen Jahrhunderts scheinen jegliche Spur derselben wieder vernichtet zu haben, wenigstens war es Büsscher [2]) nicht möglich, auch nur von der einstigen Existenz derer, die Gilly als Besitzer von Pappdächern in seinem Werke anführt, etwas in Erfahrung zu bringen. Es ist das Verdienst der Firma Büsscher und Hoffmann, die Dachpappenindustrie zu Ende der dreißiger Jahre im vorigen Jahrhundert in Deutschland wieder eingeführt und dem Material für die Dachbedeckung Eingang verschafft zu haben. Büsscher wandte sich direkt an die schwedische Regierung und erhielt von derselben eine Anleitung zur Herstellung von Pappdächern, nach welcher er diese Bedachungsart zum erstenmal bei seinen Fabrikgebäuden in Neustadt-Eberswalde zur Ausführung brachte.

Bis dahin vermochte man die Dachpappe nur in einzelnen Bogen, wie solche von den Papier- und Pappfabriken durch Schöpfarbeit gewonnen wurden, herzustellen. Einen sehr wesentlichen Fortschritt in bezug auf Einfachheit und Billigkeit der Herstellung von Dachpappe und Pappdächern, der die Lebensfähigkeit dieser heute so blühenden Industrie überhaupt erst begründete, machte man, als es Büsscher und Hoffmann gelang, die Dachpappe, statt wie bisher in einzelnen Bogen, in endlosen Rollen herzustellen, welche, wie das Papier, auf maschinellem Wege erzeugt worden waren.

---

[1]) Landbaukunst, I. Tit., 1, 190 u. f. — [2]) Mitteilungen über wasserdichte Baumaterialien der Firma Büsscher u. Hoffmann, Bahnhof Eberswalde. Halle 1877, S. 9.

Mit dieser Verbesserung änderte sich natürlich auch die Art und Weise der Herstellung der Dachpappe. Bestand dieselbe in den ersten Anfängen der Industrie noch einfach darin, daß man die quadratischen Papptafeln durch Eintauchen in erhitzten Teer imprägnierte und dann abtropfen und trocknen ließ oder mit Sand bestreute, so konstruierte man jetzt besondere Imprägnierpfannen mit Spulen, auf denen die aufgewickelte Rohpappe in den heißen Teer eingetaucht und von welchen sie nach erfolgter Imprägnierung auf mechanischem Wege abgewickelt wurden. Den oberflächlich anhaftenden, überschüssigen Teer entfernte man dadurch, daß man die Pappe ein über der Pfanne angebrachtes, entgegengesetzt rotierendes Walzenpaar passieren ließ, welches den Teer abstrich. Der Betrieb dieser Pfannen geschah und geschieht auch selbst heute noch fast ausschließlich durch Handarbeit; man hat zwar häufig genug versucht, die Menschenkraft durch die billigere Maschinenkraft zu ersetzen, ist aber zu keinem befriedigenden Resultat dabei gelangt, weil die mit Teer durchsetzte Pappe so sehr in ihrem Verband gelockert ist, daß sie, ohne zu zerreißen, nur mit Vorsicht durch die Abstreichwalzen gezogen werden kann. Diese Schwierigkeit suchen verschiedene Patente der neueren Zeit dadurch zu umgehen, daß sie die Imprägnierung der Pappe schon in der Masse selbst, im Holländer unter Anwendung von Teer statt des Wassers, vornehmen wollen; aber diese Art der Fabrikation von Dachpappe befindet sich offenbar noch in ihrem Anfangsstadium und bietet gewiß in der weiteren Verarbeitung der teerigen Masse zwischen den Walzen noch größere Schwierigkeiten.

Einen weiteren großen Fortschritt verdankt die Dachpappenindustrie gleichfalls der Firma Büsscher und Hoffmann[1]) durch die Erfindung der im Jahre 1855 von derselben eingeführten Asphalt-Isolierplatten, welche aus Asphaltschichten in Verbindung mit einer langfaserigen Einlage (Rohpappe oder Filz) bestehen, welch letztere die Biegsamkeit, sowie die Widerstandsfähigkeit des Asphalts gegen das Zerreißen außerordentlich erhöht. Die Asphalt-Isolierplatten finden Anwendung zum Schutze des Mauerwerks gegen aufsteigende oder eindringende Feuchtigkeit an Stelle der bereits in einem früheren Kapitel beschriebenen Isolierung durch eine Schicht von Gußasphalt.

Der Asphalt für sich allein und namentlich in der Weise, wie er fast durchgehends zu Isolierschichten, sowie zur Abdeckung von Gewölben, Kasematten, Altanen und Dächern verwendet wird, nämlich vermischt mit einer bedeutenden Quantität Sand und Kies, ist keineswegs sehr biegsam und zähe, sondern er bricht und zerreißt leicht bei eintretenden Senkungen des Mauerwerks und dergleichen. So notwendig dieser Zusatz bei Herstellung von Trottoirs, Fahrstraßen, Bodenbelägen usw. zur Erhöhung der Widerstandsfähigkeit gegen die Abnutzung durch Reibung, Stoß und Druck usw. auch ist, so verkehrt ist es, dem Asphalt diese Eigenschaften auf Kosten seiner Elastizität und Zähigkeit zu geben, wo es sich, wie bei Mauerisolierungen, darum handelt, die schützende Kontinuität desselben auch bei eintretenden Bewegungen der Unter-

[1]) Die Asphaltplatten der Fabriken von Büsscher und Hoffmann in Bahnhof Eberswalde 1895, S. 9 u. f.

lage zu erhalten. Von diesen Gesichtspunkten aus betrachtet ist die Erfindung der Asphalt-Isolierplatten durch Büsscher und Hoffmann eine Errungenschaft, deren Wert für die Bautechnik nicht hoch genug angeschlagen werden kann.

Mit dem Fortschreiten der Fabrikationsmethoden für die Dachpappe bildeten sich gleicherweise die Verfahren für die Eindeckung der Dächer mit diesem Material aus. Die Nachteile der Eindeckung mit quadratischen Papptafeln, welche auf der Dachschalung durch Nägel direkt angeheftet wurden und besonders im Zerreißen der Papplage beim Schwinden der Schalbretter, sowie in der notwendigerweise sehr großen Anzahl von einzelnen Nähten bestanden, wurden durch die Einführung der Rollendachpappe sehr bald beseitigt. Durch Einführung der Eindeckung auf senkrecht zur Traufe laufenden dreikantigen Leisten lernte man die Eindeckung von der Dachschalung unabhängig machen, und die Rollendachpappe an sich gewährte die Möglichkeit, die Anzahl der erforderlichen Nähte auf das geringste Maß zu beschränken. Die Einführung des Doppelpappdachs, der doppellagigen Kiespappdächer sowie des Holzzementdachs bedeuten weitere große Fortschritte in der Verwendung der Dachpappe. An diesen Fortschritten ist die ganze Dachpappenindustrie beteiligt; bahnbrechend für diese Industrie waren die Firmen Büsscher und Hoffmann in Bahnhof Eberswalde, C. F. Weber in Leipzig-Plagwitz, K. S. Häusler in Hirschberg i. Schl., Johannes Jeserich in Berlin, mit deren Namen auch die Fortschritte in der Dachbedeckung mit Dachpappe aufs engste verknüpft sind.

In der nachfolgenden Darstellung werden wir die früheren Methoden zur Herstellung von Dachpappe und Pappdächern als überwundenen Standpunkt außer Betracht lassen, und beschränken uns bezüglich derselben lediglich auf die im vorstehenden gegebene historische Entwickelung. Das moderne Verfahren zur Fabrikation von Dachpappen, Isolierplatten und zur Verwendung derselben dagegen werden wir in allen Einzelheiten schildern und die einschlägigen Patente anführen.

1. Die Rohmaterialien zur Fabrikation von Dachpappen und Isolierplatten.

Als Rohmaterialien zur Herstellung von Dachpappen dienen Steinkohlenteer und Steinkohlenteerpech, Rohpappe und Sand oder dergleichen; für die Fabrikation von Isolierplatten kommen außer den genannten noch Asphaltfilz, Jute oder ähnliche Stoffe, Trinidadasphalt und Kies in Betracht. Wir wollen die Vorbereitung der Materialien zu diesem Zweck, sowie die Beschaffenheit, die sie, um ein gutes Fabrikat erzielen zu können, besitzen müssen, bevor wir auf die Fabrikation der Dachpappen und Isolierplatten im besondern eingehen, einzeln besprechen.

Was zunächst den zum Imprägnieren der Rohpappe dienenden destillierten oder präparierten Teer anbelangt, so ist derselbe bereits im vorigen Kapitel eingehend behandelt worden. Steinkohlenteerpech, welches

lediglich zur Verdickung, bzw. zur Erhöhung der Konsistenz des Teers und Trinidadasphalt, der in der Form von Goudron zur Erzielung einer größeren Geschmeidigkeit bei Isolierplatten dient, sind gleichfalls schon früher besprochen worden.

Die Anfertigung der Rohpappe ist Sache der Papierfabriken und geschieht ganz nach dem Prinzip der modernen Maschinenpapierfabrikation. Die sorgfältig sortierten Lumpen, Papierabfälle u. dgl., welche möglichst aus reiner Wollfaser zu bestehen haben, werden auf „Reißwölfen“ oder ähnlichen Maschinen zerkleinert und gelangen in den „Holländer“, in welchem sie auf „Stoff“ verarbeitet werden. In der üblichen Weise passiert der Stoff darauf die Papiermaschine und verläßt dieselbe als fertige Ware in Rollen von 1 m Breite, beliebiger Länge und Stärke, welche durch Lochung oder Einschlitzen in Streifen je nach Wunsch verschiedener Länge von 10, 15, 20 oder 25 m abgeteilt werden.

Die im Handel übliche Bezeichnung für die Stärke der Rohpappe ist abgeleitet von dem ungefähren Flächenraum, welchen 50 kg (1 Ztr.) derselben einnehmen. Für die Dachpappenfabrikation sind folgende Stärken üblich:

Nr. 00,	50 er	Rohpappe,	50 kg	=	50 qm,	Stärke	etwa	2 mm
„ 0,	60 „	„	50 „	=	60 „	„	„	1,75 mm
„ I,	75 „	„	50 „	=	75 „	„	„	1,66 „
„ II,	90 „	„	50 „	=	90 „	„	„	1,4 „
„ III,	120 „	„	50 „	=	120 „	„	„	1,0 „
„ IV,	150 „	„	50 „	=	150 „	„	unter	1,0 „
„ V,	200 „	„	50 „	=	200 „	„	„	1,0 „
„ VI,	250 „	„	50 „	=	250 „	„	„	1,0 „

Natürlich ist dieses Verhältnis nur ein annäherndes und in erster Linie abhängig von der Natur des verarbeiteten Stoffs, dem eventuellen Zusatz eines Beschwerungsmittels, dem Feuchtigkeitsgehalt sowie der mehr oder weniger engen Stellung der Trockenzylinder der Papiermaschine. Normale und gute Rohpappe sollte aber dieses Verhältnis sehr annähernd zeigen.

Die Rohpappe darf natürlich nicht geleimt sein, weil jegliche Leimung das Eindringen des Teers beim Imprägnieren verhindert. Sie sollte möglichst aus reiner Wollfaser bestehen, weil diese viel saugkräftiger als vegetabilische Faser ist, und auch ungleich widerstandsfähiger gegen den Einfluß der Atmosphärilien und des Wassers. Eine möglichst langfaserige Masse liefert die beste Rohpappe, und es sollten keinesfalls, wie dies da und dort üblich ist, kurze Fasern, wenn auch animalischen Ursprungs, wie z. B. der Wollstaub der Wollkämmereien u. dgl., in den Stoff verarbeitet werden. Übliche Surrogate, welche die Wollfaser zum Teil ersetzen sollen, sind Holzstoff, ausgebrauchte Gerberlohe u. dgl., von welchen namentlich die letztere die aus solcher Rohpappe hergestellte Dachpappe brüchig macht. Zum Beschweren finden Kreide oder Gips und Schwerspat in gepulvertem Zustande oder auch aufgeschlämmter Lehm, Kaolin u. dgl. Verwendung. Alle diese Zusätze sind natürlich zu verwerfen, weil sie nur in betrügerischer Absicht geschehen.

Luhmann[1]) gibt folgende Analysen der Zusammensetzung verschiedener Rohpappen aus zwei renommierten Fabriken, ohne dieselben übrigens als mustergültige Fabrikate bezeichnen zu wollen:

	I.	II.
Feuchtigkeit	7,345 Proz.	7,405 Proz.
Mineralische Bestandteile (Asche) .	17,158 „	13,540 „
Wollfaser	33,037 „	35,250 „
Vegetabilische Faser	42,460 „	43,805 „
	100,00	100,00

Die Asche besteht aus kohlensaurem Kalk (II. kalkfrei), Eisenoxyd, Sand und Ton. Nach dem Mengenverhältnis der Bestandteile der Wollfaser müßte die ideale Zusammensetzung einer Rohpappe ungefähr die folgende sein:

Feuchtigkeit	5 bis 10 Proz.
Asche	0,3 „ 0,5 „
Wollfaser (in Kalilauge löslich)	89,5 „ 94,7 „

Es ist natürlich nicht möglich, die zur Herstellung von Rohpappe dienenden Lumpen usw. vor der Verarbeitung so sorgfältig zu sortieren, daß nur animalische Faser in den Stoff gelangt; außerdem rührt ein großer Teil des Aschengehaltes der Rohpappe von den Verunreinigungen der Lumpen selbst her. Je mehr aber eine Rohpappe sich dieser idealen Zusammensetzung nähert, desto besser ist ihre Qualität.

Die meisten Dachpappenfabriken begnügen sich mit einer sehr einfachen Prüfung der Rohpappe. Diese besteht darin, daß man die Rohpappe scharf knickt, wobei die Oberfläche derselben nicht reißen, die Faser vielmehr nachgeben sollte; außerdem prüft man durch Spalten der Pappe auf die Beschaffenheit der Faser. Wenn das Gewicht der Rollen auf den angegebenen Flächeninhalt und die Stärke der Pappe stimmt, ist man befriedigt. Natürlich ist man durch dieses Verfahren starken Täuschungen ausgesetzt, weil sich in der Rohpappe durch die innige Verarbeitung der Masse im Holländer Verfälschungen durch vegetabilische Faser oder mineralische Beschwerungsmittel mit bloßem Auge nicht mehr erkennen lassen.

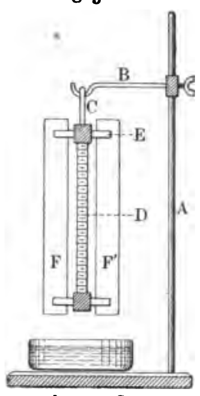
Rationell arbeitende Fabriken prüfen ihre Rohpappe vor der Verarbeitung außerdem auf ihre Saugfähigkeit, den Gehalt an Feuchtigkeit und Mineralbestandteilen, sowie auf das Verhältnis zwischen Woll- und vegetabilischer Faser.

Zur Bestimmung der Saugfähigkeit dient in der Regel Wasser als Vergleichsflüssigkeit. Man schneidet sich von der betreffenden Rohpappe quadratische Stücke von 10 cm Seitenlänge und läßt dieselben etwa eine Stunde in einer flachen Schale unter Wasser liegen. Nach dieser Zeit werden die Papptafeln aus dem Wasser genommen und abwechselnd mit beiden Seiten auf eine Unterlage von Fließpapier gelegt um das oberflächlich anhaftende Wasser zu entfernen; sind die Tafeln, die natürlich von Pappen gleicher Stärke sein

[1]) Die Fabrikation der Dachpappe usw., S. 23.

müssen, in absolut gleicher Weise behandelt worden, so ist diejenige die saugkräftigste, welche das meiste Wasser aufgenommen hat. Die Tafeln sind natürlich vor dem Einlegen in Wasser und nach dem Abtrocknen zu wägen. Von Wichtigkeit ist es auch, die Geschwindigkeit zu wissen, mit der das Wasser von der Rohpappe aufgesaugt wird. Verfasser hat zu diesem Zweck einen kleinen Apparat konstruiert, eine Art Kapillarimeter, ähnlich dem Winklerschen Apparat zur Bestimmung der Saugfähigkeit, welches er in den früher von ihm geleiteten Fabriken zur Anwendung gebracht, und das gute Resultate geliefert hat. Dieser Apparat, welchen Fig. 99 in ein Zehntel der natürlichen Größe darstellt, besteht aus einem starken Metallstreifen *C*, der in Zentimeter und Millimeter eingeteilt ist und an seinen verstärkten unteren und oberen Enden je zwei einander gegenüberstehende Klemmen *E* trägt. Diese sind zur Aufnahme der Pappstreifen von etwa 3 cm Breite und 25 cm Länge bestimmt, welche in der Längsrichtung der zu untersuchenden Rohpappe herausgeschnitten werden. Von diesen Streifen besteht der eine aus der ein und für allemal als Typus aufgestellten Vergleichspappe, der andere aus der auf ihre Kapillarität zu untersuchenden Rohpappe. Vermittelst einer am oberen Ende der Skala angebrachten Öse wird das kleine Instrument an einem Haken *B* auf dem Gestell *A* befestigt.

Fig. 99.



$^{1}/_{10}$ nat. Gr.

Zum Gebrauch stellt man unter das schwebende Instrument ein passendes Gefäß mit Wasser, senkt das Instrument so tief in letzteres ein, daß der Nullpunkt der Skala genau mit der Oberfläche des Wassers zusammenfällt, und beobachtet nach der Uhr die Zeit, welche das Wasser braucht, um in beiden Pappstreifen in die Höhe zu steigen.

Als Beispiel sei die Untersuchung eines Musters von 60er Rohpappe angeführt.

	Type	Muster
Stärke der Rohpappe in Millimetern	2,0	1,5
Gewicht von 100 qcm trocken in Grammen	8,225	8,310
„ „ „ vollgesogen in Grammen . .	28,000	23,000
Wasseraufnahme von 100 qcm in Grammen	19,775	14,690
„ „ „ „ Prozenten	240,42	176,77
Differenz in Prozenten	—	63,65

Die Aufnahmefähigkeit für Wasser ist daher beim Muster um etwa 20 Proz. geringer als beim Type.

Eine noch schroffere Differenz zeigt sich in der Kapillarität der beiden Proben, welche an dem beschriebenen Instrument wie folgt gefunden wurde:

Es steigt das Wasser	Im Type cm	Im Muster cm	Differenz cm
In der 1. Minute auf	2,75	2,25	0,50
„ „ 2. „ „	4,50	3,00	1,50
„ „ 3. „ „	5,50	3,50	2,00
„ „ 4. „ „	6,25	4,00	2,25
„ „ 5. „ „	6,75	4,50	2,25
„ „ 6. „ „	7,25	4,65	2,60
„ „ 7. „ „	7,60	4,75	2,85
„ „ 8. „ „	8,00	5,00	3,00
„ „ 9. „ „	8,50	5,30	3,20
„ „ 10. „ „	9,25	5,60	3,65
„ „ 11. „ „	9,80	6,00	3,80
„ „ 12. „ „	10,55	6,35	4,20
„ „ 13. „ „	11,50	6,55	4,95
„ „ 14. „ „	12,75	6,70	6,05
„ „ 15. „ „	13,85	7,05	6,80

In ähnlicher Weise wie für das Wasser in diesem Versuch differiert auch die Geschwindigkeit für die Aufnahme des Teers bei der Dachpappenfabrikation um etwa ein Drittel und häufig beträchtlich mehr, da die im Teer suspendiert enthaltenen festen Bestandteile die Poren einer dicht gearbeiteten Rohpappe viel leichter und rascher verstopfen, als die einer möglichst lockeren Ware.

Die da und dort übliche Bestimmung der Zugfestigkeit der Rohpappe durch Zerreißversuche ist nach den Erfahrungen des Verfassers wertlos, weil die Dachpappe überhaupt erst nach erfolgter Imprägnierung und genügender Ablagerung ihre wahre Festigkeit erhält und eine aus bestem, langfaserigem Stoff locker gearbeitete Rohpappe, welche die beste Dachpappe liefert, eine oft viel geringere Zugfestigkeit besitzt, als eine aus kurzfaserigem, schlechtem Stoff, aber möglichst dicht hergestellte Ware.

Die Bestimmung der Feuchtigkeit und des Aschengehalts der Rohpappe läßt sich mit für die Praxis hinreichender Genauigkeit in einer Operation bestimmen, indem man 1 bis 2 g der mit der Schere möglichst zerkleinerten Pappe im Porzellantiegel bei 100 bis 105° bis zur Gewichtskonstanz trocknet und darauf im schräggestellten Tiegel verascht. Zur Umwandlung der beim Glühen zu Sulfiden reduzierten Sulfate (Gips, Schwerspat) fügt man zur Asche noch einige Tropfen Schwefelsäure, glüht nochmals und wiegt.

Für die Bestimmung des Gehalts an Woll- und vegetabilischer Faser genügt die Ermittelung des Extraktionsverlustes beim Kochen von etwa 2 bis 3 g der bei 105 bis 110° getrockneten Rohpappe mit Kalilauge von 10 bis 15° Bé, in welcher sich die Wolle löst, während vegetabilische Faser und mineralische Stoffe zurückbleiben. Man bringt die durch längeres Kochen unter Rühren breiartig gewordene Masse auf ein gewogenes Filter und süßt bis zu neutraler Reaktion aus, worauf man bei 100 bis 110° trocknet und wägt.

Der Extraktionsverlust ist als tierische Faser zu betrachten. Die Differenz zwischen dem Gewicht des Rückstandes und dem Aschengehalt ist vegetabilische Substanz. Der Gehalt an Wollfaser läßt sich auch direkt bestimmen, wenn man den alkalischen Auszug der Rohpappe mit Salzsäure ausfällt, den Niederschlag auf einem gewogenen Filter sammelt und sein Gewicht nach vollkommenem Auswaschen und Trocknen bei 100 bis 110° bis zur Gewichtskonstanz ermittelt.

Für eine eingehendere Prüfung der Rohpappe in chemisch-technischer und mechanisch-technischer Beziehung muß auf die Werke von W. Herzberg[1]), E. Hoyer[2]), A. Müller[3]), Winkler[4]), Höhnel[5]) und Wiesner[6]) verwiesen werden.

An Fabrikaten aus animalischer oder vegetabilischer Faser finden außer der Rohpappe auch noch Asphaltfilz, Jute und dergleichen Gewebe zur Herstellung von Asphalt-Isolierplatten Verwendung. Der Asphaltfilz ist ein aus lose und wirr durcheinander liegenden, gröberen Haaren, Hede und Flachsabfällen bestehendes Zeug, bei welchem der Zusammenhang der einzelnen Haare also nicht durch Weben erzielt wird und auch weit weniger, wie bei gewöhnlichem Filz oder der Rohpappe, durch die Arbeit des Filzens, sondern durch den Asphalt als Bindemittel erreicht worden ist. Seine Herstellung ist gleichfalls nicht Sache der Asphaltfabriken, sondern sie geschieht in den Filzfabriken, welche sich dazu gewisser, sonst unverwertbarer Abfälle bedienen. Als Bindemittel dient sowohl natürlicher, als auch künstlicher Asphalt.

Der Filz wird in Rollen von 810 mm Breite bei 23 m Länge angefertigt und kommt in zwei verschiedenen Stärken, etwa 2 mm und $1^1/_2$ mm, in den Handel. Wesentlich für einen guten Asphaltfilz ist, daß er genügende Biegsamkeit besitzt, um beim Aufrollen nicht zu brechen, und daß er andererseits auch wieder genügend fest ist, um selbst höheren Temperaturen bis zu 30 und 40° widerstehen zu können. Dies wird im wesentlichen durch ein passendes Mischungsverhältnis des Bindemittels erzielt, hängt aber auch bis zu einem gewissen Grade von der Natur und Beschaffenheit des verwendeten Haars ab. Eine Untersuchung des Asphaltfilzes kann nach erfolgter Extraktion des Asphalts durch Benzol u. dgl. auf die unter Rohpappe angegebene Weise erfolgen. Die Natur des Asphalts läßt sich nach den im 13. Kapitel gegebenen Anweisungen ermitteln.

Statt der Rohpappe oder des Asphaltfilzes verwendet man zur Herstellung von Isolierplatten manchmal auch das unter dem Namen „Jute" bekannte Gewebe. Derartige Platten lassen sich indessen nur durch Streicharbeit (s. später) und auch in der Regel nur in der durch den Stoff gegebenen Breite herstellen. Eine Bestreuung derselben mit Kies ist natürlich wegen der geringen Dichtigkeit des Gewebes ausgeschlossen, weshalb man dieselben an

[1]) Papierprüfung, Berlin 1888. — [2]) Das Papier, seine Beschaffenheit und Prüfung, München 1882. — [3]) Qualitative und quantitative Bestimmung des Holzschliffs in Papier, 1887. — [4]) Der Papierkenner, Leipzig 1886. — [5]) Die Mikroskopie der technisch verwendeten Faserstoffe, Wien 1887. — [6]) Mikroskopische Untersuchung des Papiers usw., Wien 1887.

beiden Seiten mit einer Lage von Strohpapier bekleidet, um das Zusammenkleben der Asphaltschichten beim Rollen zu verhindern. Sie besitzen eine viel geringere Festigkeit als Platten aus Rohpappe oder Filz, lassen sich nicht lange lagern und müssen daher gleich nach der Anfertigung auch verlegt werden. Man kann zu ihrer Fabrikation nur eine möglichst dicht gewobene Jute verwenden.

In weiterem Sinne gehört zu den faserigen Rohmaterialien, welche als Träger des Asphalts bei der in Rede stehenden Fabrikation, bzw. als Verhinderer der Kurzbrüchigkeit desselben zu dienen haben, auch das sogenannte „Holzzementpapier", das bei der Ausführung von Holzzementdächern als Zwischenlage zwischen den einzelnen Holzzementschichten zur Verwendung kommt. Es ist dies ein aus bestem, knotenfreiem Stoff hergestelltes, schwach geleimtes Papier von in der Regel hellbrauner oder grauer Farbe, das in endlosen Rollen von 1 bis $1^1/_2$ m Breite hergestellt wird. Man verlangt von diesem Papier eine große Widerstandsfähigkeit gegen Zug und ein absolut faltenloses Abwickeln von der Rolle; ebenso darf es sich auch beim Bestreichen mit dem heißen Holzzement nicht werfen. Bezüglich der Stärke desselben mag es als Regel gelten, daß 1 qm nicht unter 145 g wiegen sollte.

Das Holzzementpapier wird sowohl in rohem, als auch imprägniertem Zustand bei der Ausführung von Holzzementeindeckungen verwendet. Die Imprägnierung desselben erfolgt meistens schon in den Papierfabriken, welche nur nötig haben, zwischen den Trockenzylindern eine Pfanne mit der Imprägnierflüssigkeit einzuschalten, die das Papier vor dem Aufwickeln und letzten Trocknen zu passieren hat. Zum Imprägnieren dient meistens ein dünnflüssiger Ölgasteer, welcher die gute Eigenschaft besitzt, daß das damit getränkte Papier nach dem Aufwickeln auf der Rolle nicht aneinander klebt. Es ist indessen ziemlich überflüssig, das Holzzementpapier in imprägniertem Zustande zu verwenden, da ein gut präparierter Holzzement in heißem Zustande und in genügender Menge aufgestrichen dasselbe an und für sich schon vollständig durchdringt.

Von nicht zu unterschätzender Bedeutung in der Fabrikation der Dachpappen und Isolierplatten ist auch das Bestreuungsmaterial, welches einen mehrfachen Zweck zu erfüllen hat. Es soll zunächst in allen Fällen ein Zusammenkleben der meist in Rollen in den Handel gelangenden Fabrikate beim Transport und längeren Lagern verhindern, und es ist in dieser Hinsicht ziemlich gleichgültig, welcher Natur das Bestreuungsmittel ist. Dann aber soll es bei Pappdächern einen steinigen Überzug bilden, welcher das Dach feuersicherer (daher der da und dort noch übliche Name „Steinpappe"), den Teer gegen die Einwirkung der Sonnenwärme stabiler macht und vor dem Abfließen auf der geneigten Dachfläche schützt. Hier kann natürlich nur ein mineralisches, gut haftendes Bestreuungsmittel, als deren bestes sich reiner, scharfkörniger Sand erweist, von Nutzen sein. Bei den Isolierplatten kommt hierzu noch die weitere Frage eines guten Verbands mit dem Mörtel, und in diesem Falle ist ein gleichmäßiger, nicht zu grober Kies am Platze. Nicht zum wenigsten spricht aber auch das gefällige Aussehen des Fabrikats in allen Fällen mit, und man hat daher auch diesem Punkt seine Aufmerksamkeit zuzuwenden. Als spezifisch

leichtere Bestreuungsmittel für Dachpappen kommen außerdem noch gesiebtes Kokslein und Sägemehl für bestimmte Zwecke in Betracht.

Sand ist die allgemeine Bezeichnung für jede Anhäufung kleiner, loser Mineralkörper; obwohl man öfter auch von Feldspat-, Glimmer-, Dolomitsand usw. spricht, so versteht man doch vorzugsweise darunter Quarzsand, weil er der bei weitem charakteristischste ist. Kies nennt man derartige Anhäufungen, wenn die einzelnen Individuen von gröberem Korn sind; endlich spricht man noch von Gerölle und Geschiebe, wenn die einzelnen Teile einen noch größeren Durchmesser aufzuweisen haben und meistens noch aus vollständig zusammenhängenden Massen des den Sand oder Kies liefernden Urgesteins bestehen. Alle diese Abarten kommen in der Natur nebeneinander vor. Quarz bildet das unzersetzbarste aller Gebirgsmineralien; ihn zerrieb und wusch das Wasser überall aus im Laufe langer Zeiten. Den Quarzsand findet man daher überall auf der Erde, wo strömende Gewässer ihren Einfluß geltend machen; sie führen ihn mit sich und lagern ihn am Boden oder an den Ufern ab. Deshalb findet man ihn hauptsächlich an der Mündung der Flüsse, dem Strand des Meeres, wo er oft in Form von Dünen ganze Hügelketten bildet; auch auf dem festen Lande, da, wo in prähistorischer Zeit Meeresbecken oder Flußläufe bestanden haben, wird er, teils offen zutage tretend, teils mit sedimentären Bildungen überdeckt, in massiger Verbreitung angetroffen.

Für die Zwecke der Dachpappen- und Isolierplattenfabrikation ist Sand und Kies aus Flußläufen das geeignetste Material, weil es gewaschen und frei von jeder erdigen oder lehmigen Beimengung ist. Vielfach ist man indessen darauf angewiesen, das Material aus Kiesgruben zu entnehmen, wo es manchmal stark mit tonigen Verunreinigungen durchsetzt ist, so daß es unter Umständen einem Schlämmprozeß unterworfen werden muß.

Welcher Herkunft der Sand oder Kies nun auch sein mag, so muß er eine Sichtung durchmachen, um ihn in geeignetem und möglichst gleichmäßigem Korn zu erhalten. Dies geschieht nach vorherigem scharfen Trocknen desselben auf einer der gebräuchlichen Darren in Rüttelsieben oder Siebzylindern mit verschiedener Maschenweite des Drahtgewebes; enthält der Sand oder Kies erdige Bestandteile, welche auch nach dem Trocknen auf seiner Oberfläche, wenn auch in dünner Schicht, haften bleiben, so muß er vor dem Trocknen noch eine Kieswäsche passieren, welche bereits mit einer teilweisen Sichteinrichtung versehen sein kann. Dies ist wichtig, weil ein derartiger Sand oder Kies, wenn er auch anfänglich an dem asphaltartigen Überzug der Pappe haftet, doch sehr bald abfällt und kahle Stellen in der Bestreuung, welche besonders bei Isolierplatten sehr unvorteilhaft ins Auge fallen, hinterläßt.

Die für das Waschen, Trocknen und Sieben dienenden Einrichtungen für den Großbetrieb haben wir bereits im Kapitel über Gußasphalt kennen gelernt. Für kleinere Betriebe kann die Einrichtung der Kieswäsche sehr einfacher Natur sein. Ein aus Mauerwerk, Holz oder Eisen hergestelltes Reservoir entsprechender Dimensionen, mit irgend einer Zuleitung für Wasser versehen, wird mit Sand beschickt und dieser so lange durchgearbeitet, bis das Wasser klar abläuft. Der auf Haufen aufgestapelte Sand oder Kies wird erst, wenn das

Wasser möglichst abgelaufen ist, auf eine Darre gebracht, die durch Abgase geheizt wird, und gelangt erst dann in die vielfach mit der Hand betriebene Sortiermaschine, wie eine solche, einfachster Konstruktion durch Fig. 100 dargestellt wird. Diese Maschine sichtet den Sand in der Regel in vier verschiedene Sorten, und zwar:

1. die ganz feinen Anteile, in der Korngröße unter 1 mm, welche meistens ausgestoßen, zuweilen aber auch zum Bestreuen schwächerer Sorten von Dachpappen verwendet werden;

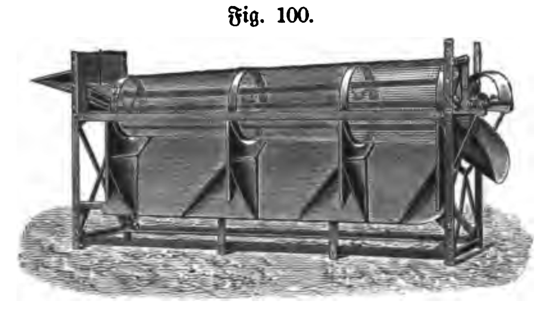
2. den eigentlichen Pappensand in der Korngröße von 1 bis $1^1/_2$ mm, im Äußern sogen. scharfem Mauersand entsprechend;

3. Asphaltkies, zur Herstellung der Isolierplatten geeignet, in der Korngröße von ungefähr 2 bis $3^1/_2$ mm und

4. den groben Kies, welcher alle Teile von größerem Durchmesser enthält und sich als Gartenkies oder zu Betonarbeiten brauchbar erweist.

Aus dem Gesagten geht auch hervor, daß nicht jeder Sand, selbst wenn er vollkommen lehmfrei ist, sich für die Zwecke der Dachpappenfabrikation eignet, sondern daß eine gewisse Korngröße verlangt wird. Am wertvollsten ist natürlich ein solches Material, welches möglichst viele Teilchen von 1 bis $3^1/_2$ mm Durchmesser und möglichst wenig von größerer oder geringerer Korngröße besitzt. Feiner Flug- oder Triebsand ist daher gar nicht zu gebrauchen.

Fig. 100.



2. Die Fabrikation der Dachpappe.

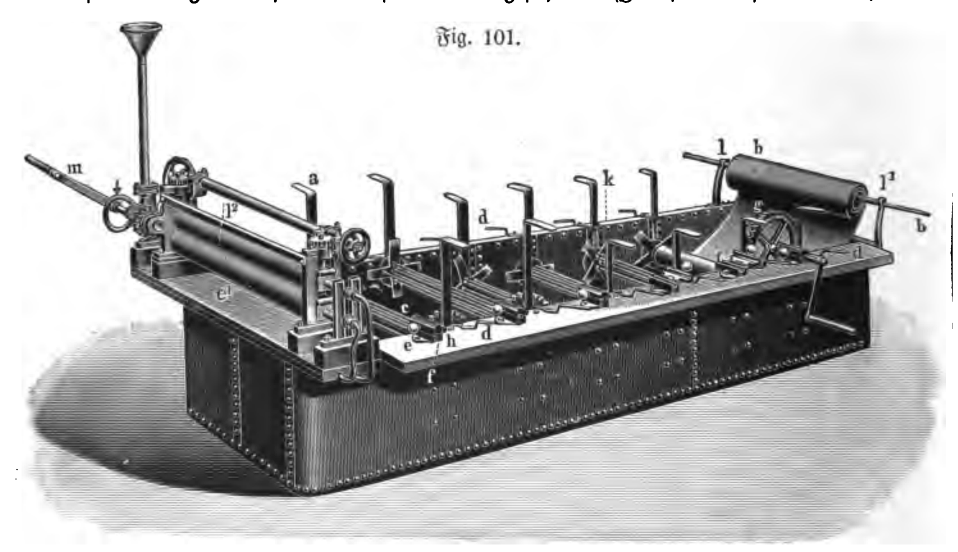
Die zum Imprägnieren der Rohpappe erforderliche Apparatur ist ziemlich einfacher Natur und besteht im wesentlichen aus der Imprägnierpfanne, welche entweder durch eine Heizschlange mit gespanntem Dampf oder über freiem Feuer erhitzt wird und häufig mit einer Sandstreumaschine kombiniert ist, und aus einem Tisch, auf welchem die Besandung der geteerten Pappe entweder mit Hilfe des Streuapparats oder auch durch Bestreuung mit der Hand erfolgt.

Die Imprägnierpfanne ist ein aus Kesselblech von etwa 8 mm Stärke zusammengenietetes, kastenartiges Gefäß von etwa 4 m Länge, 1,3 m Breite und 0,75 m Tiefe, welches im Innern eine Anzahl herausnehmbarer Spulen besitzt, auf welche die Rohpappe aufgewickelt wird. Fig. 101 stellt eine derartige Pfanne vor, wie sie von der Bleckendorfer Maschinenfabrik und Kesselschmiede hergestellt wird und alle Einrichtungen zeigt, welche die moderne Imprägnierpfanne besitzt. Den oberen Rand der Pfanne bildet ein starkes Winkeleisen k, auf welchem die Supports e und e' für die Ein- und

Ausdrehvorrichtungen befestigt sind. Bei Pfannen, welche über freiem Feuer geheizt werden sollen, ist dieses Winkeleisen ringsherum nach außen und zwar schräg nach innen fallend so verbreitert, daß der so gebildete Rand die Oberfläche der Umfassungsmauern ganz bedeckt. Auf diesem Rande können dann die Ein- und Ausdrehvorrichtungen direkt befestigt sein. Dem Boden der Pfanne gibt man in diesem Falle, um ihn widerstandsfähiger zu machen und ein Schutzgewölbe unter ihm anbringen zu können, besser die aus Fig. 101 ersichtliche Form.

An ihrem hinteren Ende trägt die Pfanne die beiden Gabellager *l* und *l'*, auf welchen eine Rolle der zu verarbeitenden Rohpappe vermittelst des eisernen Stabes *b* gelagert wird. Zur Aufnahme der Rohpappe im Innern der Pfanne dienen die Spulen *c*, auch Eindrehwalzen genannt, welche in Fig. 102 noch besonders abgebildet sind. Es sind dies ungefähr ein Zoll starke eiserne Stäbe,

Fig. 101.



mit abgedrehten Spurzapfen an beiden Enden; an der einen Seite tragen sie ein Zahnrad *h*, während auf der anderen Seite eine Blechscheibe oder ein Kreuz aus Metallstäben angebracht ist, welche ein Schräglaufen der Rohpappe beim Eindrehen verhindern. Die Spurzapfen dieser Eindrehwalzen laufen rechts und links in Lagern *c* (s. Fig. 103), welche an Hebevorrichtungen *a* (s. Fig. 101 u. 103) befestigt sind, die in sich gegenüberliegend an den Längsseiten der Pfanne angebrachten Falzführungen *b* (s. Fig. 103) auf- und abbewegbar sind. Zur Befestigung der Rohpappe auf der Eindrehwalze ist diese mit vier zentrisch angebrachten Eisenstäben versehen, durch deren Zwischenräume das Ende der Papprolle einfach hindurchgesteckt wird. Durch Sperrvorrichtungen *d* (s. Fig. 101) kann die Hebevorrichtung *a* der Eindrehwalzen in jeder beliebigen Höhe festgehalten werden.

Der Antrieb der Eindrehwalzen geschieht durch ein mit Kurbel versehenes

und auswechselbares Zahnrad *g*, dessen Zähne bei richtiger Stellung in das Zahnrad der ersteren eingreifen. Mit seiner Achse ruht dieses Kurbelrad in den auf dem Rand der Pfanne angebrachten und mit aufklappbarem Deckel versehenen Lagern *f*. Das Eindrehen der Rohpappe in die bis etwa 20 cm vom oberen Rand mit heißem Teer gefüllte Pfanne gestaltet sich dermaßen, daß die Arbeiter die Eindrehwalzen vermittelst der Hebevorrichtungen *a* soweit heben, daß die Walze über dem Niveau der Imprägnierflüssigkeit zu lagern kommt, wenn sie das Ende der Papprolle durch einen der Stäbe der Eindrehwalzen hindurchführen. Ist letzteres geschehen, so wird die Walze gleichmäßig bis zum tiefsten Punkt der Falzführung gesenkt und das Kurbelrad in das geöffnete Lager eingelegt. Durch Niederdrücken des Lagerdeckels an dem daran angebrachten seitlichen Hebelknopf mit der linken Hand wird das Kurbelrad während des mit der rechten Hand erfolgenden Eindrehens der Rohpappe festgehalten und auf diese Weise eine Spule nach der anderen mit Rohpappe beschickt. In der Regel besitzt die Imprägnierpfanne sechs derartiger Spulen und es kann, sobald die letzte beschickt ist, mit dem Ausdrehen der ersten, welche inzwischen Zeit genug zum Imprägnieren hatte, begonnen werden.

Fig. 102.

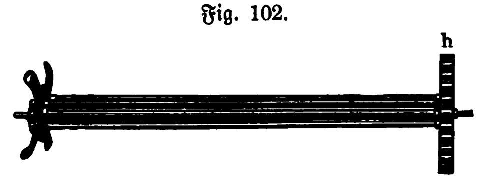
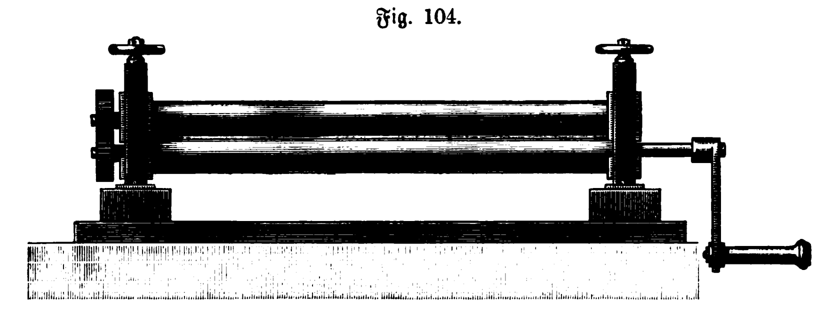


Fig. 103.

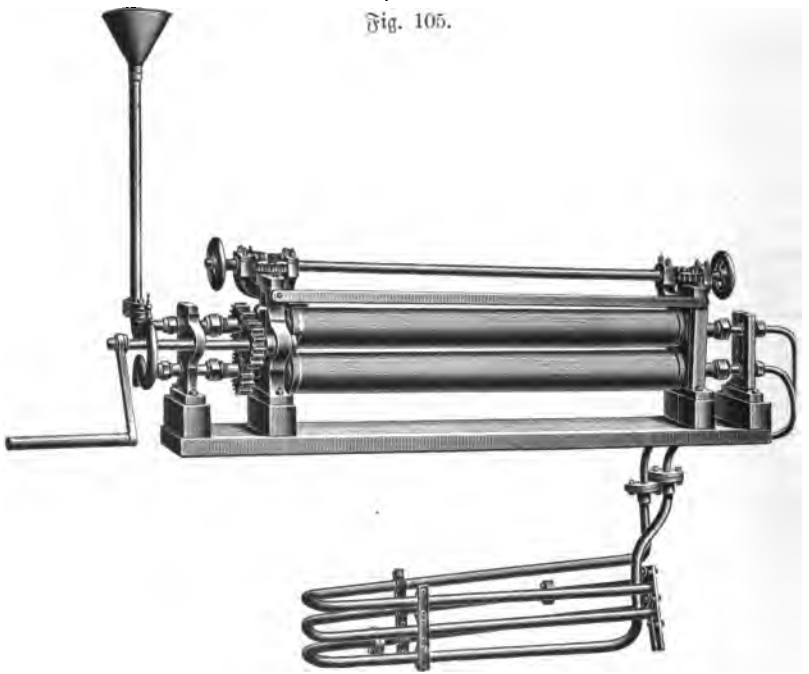
Hierzu dienen die sogen. Ausdrehwalzen l^2, Fig. 101, welche an der dem Support für die Rohpappe gegenüberliegenden Schmalseite der Pfanne angebracht sind. Die einfachste Konstruktion derselben zeigt Fig. 104. Die Ausdrehwalzen bestehen aus einem paar genau zentrisch gearbeiteter, in gemeinschaftlichen Lagerböcken ruhender, abgedrehter eiserner Walzen, welche meistens mit einer Filzverkleidung versehen sind und mit Zahnrädern ineinander arbeiten; die eine derselben ist mit einer Handkurbel zum Antrieb versehen. Während die untere Walze in ihren beiden Lagern fest ruht, ist die obere in denselben vermittelst Stellschrauben beweglich, um das Walzenpaar je nach der Stärke der herzustellenden Dachpappe enger oder weiter stellen zu können.

Fig. 104.



Eine verbesserte Konstruktion der Ausdrehwalzen, die auch in Fig. 101 auf S. 276 zur Anschauung gebracht ist, hat W. Höpfner[1]) gegeben. Neu und von größtem Vorteil bei dieser Konstruktion (Fig. 105) ist zunächst einmal die gleichzeitig und gleichmäßig auf beide Lager wirkende Einstellvorrichtung, wodurch nicht allein eine Dachpappe von ganz gleichmäßiger Stärke erzielt, sondern auch ein Schräglaufen der imprägnierten Rohpappe zwischen den etwa ungleichmäßig eingestellten Walzen und dadurch bedingter Materialverlust vermieden wird. Eine weitere Neuerung ist ferner die selbsttätige Warmwasserheizung des Walzenpaares, welche dadurch erreicht wird, daß dieselbe in der aus der Zeichnung ersichtlichen Weise mit einer in der Teerpfanne montierten Schlange kombiniert ist, welche durch einen Trichter nach Bedarf mit Wasser

Fig. 105.



gefüllt werden kann. Das durch den heißen Teer erwärmte Wasser zirkuliert nach bekanntem Prinzip in dem Walzenpaar und erwärmt dasselbe, was für die Güte der erzeugten Dachpappe nicht ohne Bedeutung ist.

Wie man sieht, haben die Ausdrehwalzen zunächst den Zweck zu erfüllen, die imprägnierte Rohpappe aus der Teerpfanne auf eine so gleichmäßige Art herauszubefördern, daß ein Zerreißen derselben verhütet wird. Um den Reibungswiderstand zwischen der Rohpappe und der Oberfläche der gegeneinander wirkenden Ausdrehwalzen zu vergrößern und somit ein Gleiten der Walzen zu verhüten, werden die letzteren daher mit einem Überzug von Filz

[1]) D. R.-P. Nr. 103899.

versehen. Ein anderer Zweck, den diese Walzen zu erfüllen haben, ist aber der, den an der Oberfläche der Rohpappe anhaftenden, überschüssigen Teer abzustreichen und in die Imprägnierpfannen zurückzubefördern; aus diesem Grunde werden dieselben auch häufig Abstreichwalzen genannt.

Das äußere Ende der auf den Spulen befindlichen imprägnierten Rohpappe wird von den Arbeitern vermittelst Zangen aus dem Teerbade herausgehoben und, gleichmäßig angespannt, zwischen die Ausdrehwalzen, welche dann sofort in Bewegung gesetzt werden, eingeschoben. Durch die entgegengesetzte Bewegung der beiden Walzen wird die Rohpappe ohne weiteres Ziehen durch den engen Spalt zwischen denselben hindurchgearbeitet; die auf den Imprägnierungsprozeß folgende weitere Behandlung der Rohpappe ist davon abhängig, ob man unbesandete, sogen. Klebe- oder Lederpappe, oder aber regulär besandete Dachpappe erzeugen will.

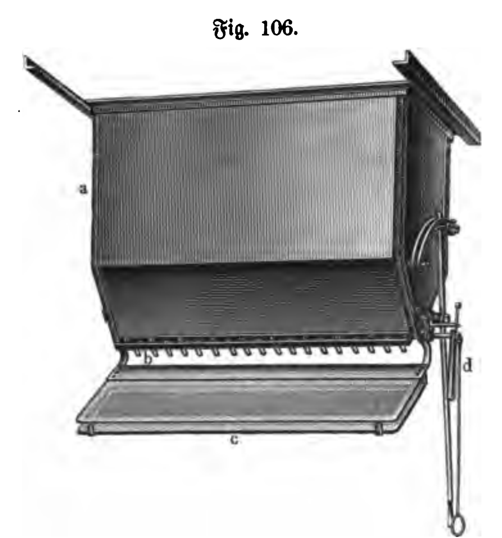
Im ersten Falle kann man sich schon zum Imprägnieren nur eines möglichst dünnflüssigen, seiner leichtflüchtigen Bestandteile nicht beraubten, entwässerten Teers bedienen, welcher also eine große Trockenfähigkeit besitzt, und hat auch die Abstreichwalzen so eng zu stellen, daß der Überschuß an Teer so weit als tunlich ausgepreßt wird und vor allem die Oberfläche der Pappe schon so trocken wird, daß dieselbe beim Wickeln nicht in einzelnen Lagen auf der Rolle aneinander klebt. Aus dem gleichen Grunde kann auch die imprägnierte Pappe nicht unmittelbar hinter den Abstreichwalzen auf Rollen gewickelt werden, sondern sie wird, um ein, wenigstens oberflächliches, Abkühlen und Abtrocknen zu ermöglichen, auf in der Richtung der sich bewegenden Pappe gespannten Drähten von 5 bis 10 m Länge als Unterlage frei in der Luft fortgezogen, bevor sie auf dem Wickelbock (s. später) zum Aufrollen gelangt. Der Teer, den man sonst auf einer Temperatur von 95 bis 100° erhält, soll in diesem Falle auf etwa 115 bis 120° erhitzt und demselben ein so großer Zusatz von Steinkohlenteerpech gegeben werden, als die Imprägniermasse, ohne dickflüssig zu werden, erträgt. Nach dem Wickeln sind die auf solche Weise hergestellten einzelnen Rollen unbesandeter Dachpappe durch Rückwärtsdrehen der Wickelwalze (s. später) wieder soweit zu lockern, daß die einzelnen Lagen der Pappe in geringem Abstande voneinander zu liegen kommen und sich möglichst nicht berühren; in diesem Zustande bleiben dann die einzelnen Rollen einige Tage an einem luftigen Ort aufrecht stehen, um völlig abzutrocknen, bevor sie definitiv von neuem festgerollt und für den Versand fertig gestellt werden.

Arbeitet man auf einseitig besandete Dachpappe, sogen. Klebepappe, so bleibt die Anordnung der Apparatur ganz dieselbe wie im vorigen Falle; die Pappe wird in gleicher Weise über gespannte Drähte gezogen und gleichzeitig kommt der hinter den Abstreichwalzen montierte Sandstreuapparat (Fig. 106) in Tätigkeit. Derselbe besteht aus dem Sandkasten *a*, dem Zerteiler *b* und dem Sieb *c*, und es kann durch eine Hebelvorrichtung *d* der Sandauslauf aus den einzelnen Düsen beliebig reguliert oder gänzlich abgestellt werden. Die mit großer Gleichmäßigkeit auf die noch heiße Pappe fallenden Sandkörner kleben auf der teerigen Oberfläche derselben sofort fest, während der nicht gebundene Sand beim Wickeln in geeigneter Richtung ab-

fällt; die inzwischen ziemlich erkaltete Oberfläche auf der unteren Seite der Pappe hingegen ist nicht mehr befähigt, die Sandkörner fester zu binden. Einzelne, etwa doch auf der unbesandeten Seite hängende Sandkörner haften so lose, daß sie bei Verwendung der Pappe mit einem Besen leicht abgefegt werden können. Aus Fig. 107 ist die Anordnung zur Herstellung der Klebepappe leicht ersichtlich.

Auch die Klebepappe sollte, um ein Zusammenkleben in der Rolle zu verhindern, nicht unmittelbar aus der Pfanne versandfertig aufgerollt werden; sie wird zweckmäßig in Stößen flach ausgebreitet übereinander gelegt und so lange lagern gelassen, bis sie „griffig" geworden, d. h. der Teer erhärtet ist, und erst dann vermittelst eines transportablen Wickelbockes (s. Fig. 110) in Rollen gebracht.

Fig. 106.

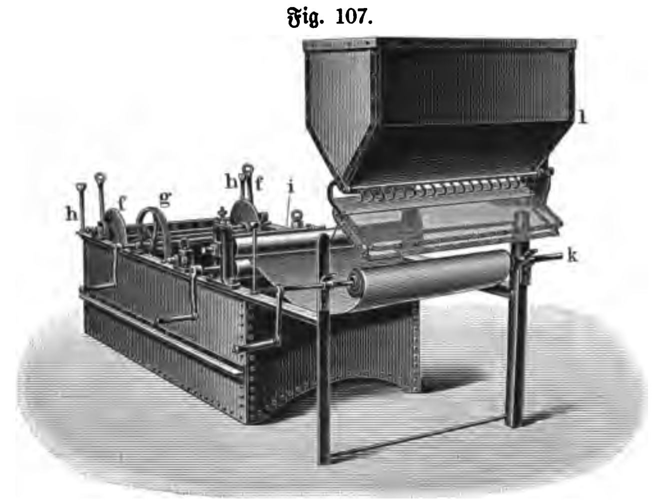


Bei der Herstellung regulärer, zweiseitig besandeter Dachpappe fällt das Ziehen derselben über gespannte Drähte fort; bei reichlicher Bestreuung mit Sand erfolgt das Aufwickeln derselben auf die Wickelwalze (Fig. 109) unmittelbar hinter dem Sandstreuapparat und zwar dermaßen, daß man den überschüssig gestreuten Sand mit einwickelt, welcher sich, besonders bei etwas straffem Anziehen der Wickelwalze, fest in die Teerschicht der übersandeten Seite der Pappe einpreßt. Fig. 107 veranschaulicht die Arbeit nach diesem Verfahren. Da indessen der überschüssig aufgestreute Sand nicht vollständig gebunden wird, so ist ein wiederholtes Umwickeln der Rollen erforderlich, um diesen, die versandfertige Ware unnütz beschwerenden Ballast zu entfernen.

Zweckmäßiger arbeitet man daher so, daß man sowohl die obere, wie auch die untere Seite der imprägnierten Pappe gleichzeitig besandet, was in der Weise geschieht, daß man unmittelbar hinter den Ausdrehwalzen und unter dem Sandstreuapparat einen mit einem durch das Richtscheit eingeebneten Hügel von Pappsand *B* beschickten Tisch *A* (Fig. 108) aufstellt; die untere Seite der Pappe bestreicht fortwährend die Oberfläche des stetig hoch gehaltenen Sandhügels und besandet sich auf diese Weise von selbst, während die obere Fläche derselben durch den Sandstreuapparat besandet wird. Um den nicht gebundenen Sand von der oberen Fläche zu entfernen und dadurch das Umwickeln der Rollen zu ersparen, geschieht das Aufwickeln des fertigen Fabrikats auf der Wickelwalze *C* auf die in Fig. 108 durch Pfeil angedeutete Weise.

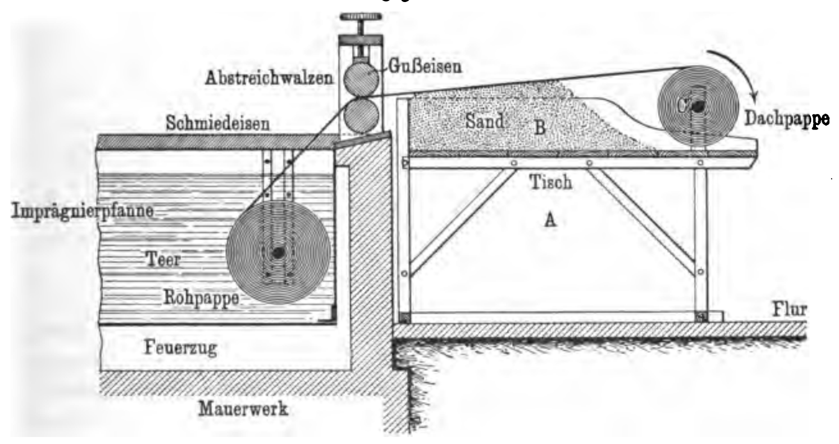
Die auf dem Sandtisch befestigte Wickelwalze *C* ist in Fig. 109 (a. S. 282) besonders dargestellt. Sie besteht aus einer zweiteiligen, der Länge nach gespaltenen, hölzernen Walze *A*, deren beide Hälften sich in die mit den Spurzapfen zusammengeschweißten Muffen *B* und *C* gegenseitig einschieben und so

Fig. 107.



ein Ganzes bilden. Der zwischen den beiden Hälften der Walze verbleibende Schlitz dient gleichzeitig zum Befestigen der Pappe. An der einen Seite trägt die Walze die Handkurbel *D*, während sie beiderseitig auf den mit Klapp-

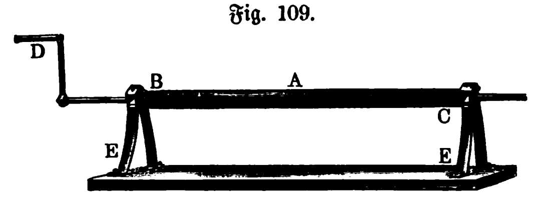
Fig. 108.



lagern versehenen Lagerböcken *E* und *E* ruht. Die auf die Wickelwalze aufgerollte Pappe wird nach dem Ausheben aus den Lagerböcken durch einfaches Auseinanderziehen der beiden Hälften der Walze freigelegt. Die an beiden Köpfen mit je einem Bindfaden zusammengebundenen Rollen von Dachpappe sind nach kurzem Lagern zum Versand bereit.

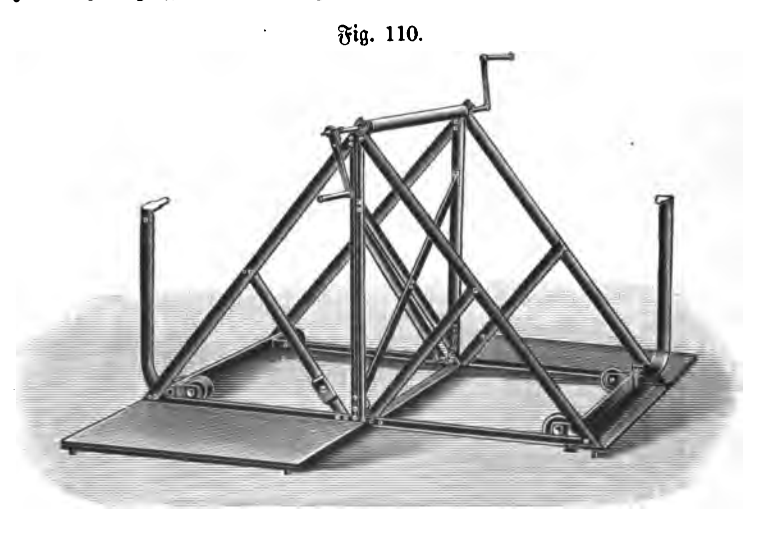
In manchen Fällen ist es erwünscht, eine für gewisse Zwecke (Isolierpappe) sich eignende, besonders schwere Qualität von Dachpappe herzustellen. Dies geschieht in der Weise, daß man die Abstreichwalzen der Imprägnierpfanne nach Tunlichkeit weit stellt, die ausgedrehte Pappe beiderseits besandet, und sie mit je einer dünnen Schicht Sand zwischen den einzelnen Lagen flach ausgebreitet auf Stöße von ungefähr 1 m Höhe aufeinanderstapelt. Durch die eigene Schwere der Pappe preßt sich der Sand tief in die relativ dicke Teerschicht auf der Oberfläche derselben ein. Nach etwa achttägigem Lagern in Stapeln ist die Dachpappe zum Wickeln fertig. Man hat für diesen Zweck einen fahrbaren Wickelbock mit Wickelwalze (Fig. 110), den man von einem Stapel zum andern transportieren kann.

Fig. 109.



Zum Betrieb einer Teerpfanne sind zwei Arbeiter nötig, welche bei den einzelnen Handgriffen sich in folgender Weise ergänzen. Beim Eindrehen der Rohpappe hat der eine das Kurbelrad zu bedienen, während der andere darauf achtet, daß die Rohpappe sich gleichmäßig auf- und abwickelt. Beim Ausdrehen steht der eine an der Kurbel der Ausdrehwalze, während der andere die Wickelwalze in Tätigkeit setzt und deren Geschwindigkeit im richtigen Verhältnis zur Menge der ausgedrehten Pappe erhält. Er hat auch die Bestreuung im Auge zu behalten und die Dachpappe an den angezeichneten Stellen mit dem Lineal zu belegen. Das Abschneiden der einzelnen Rollen von 10 oder 15 m Länge erfolgt gemeinschaftlich, indem jeder Arbeiter mit einem scharfen Messer in der Mitte des Lineals einsetzt und mit einem einzigen Schnitt von links nach

Fig. 110.



rechts die Bahn trennt. Man hat für diesen Zweck auch mechanische Abschneidevorrichtungen konstruiert, die indessen vor den gewöhnlichen Messern keinen nennenswerten Vorzug besitzen.

Unbesandete Dachpappen (Lederpappen) können, wie erwähnt, nicht direkt, wie sie aus der Pfanne kommen, versandmäßig fertig gestellt werden, sondern sie haben in möglichst lockerer Wickelung einige Zeit zum Erhärten und Austrocknen zu stehen. Das Lockern der auf der Wickelwalze befindlichen Rollen geschieht gemeinschaftlich durch beide Arbeiter an der Pfanne, indem der eine nach erfolgtem Abschneiden der fertig gestellten Rolle die Wickelwalze nach rückwärts dreht, während der andere die einzelnen Lagen an beiden Köpfen derselben mit den Händen so festzuhalten sucht, daß die aufgewickelte Pappe der Bewegung der Wickelwalze nicht folgen kann. Das Rollen der auf Stapeln liegenden Dachpappe erfolgt in der Weise, daß das dem Wickelbock gegenüberliegende Ende der einzelnen Lagen umgeschlagen und bis zum Wickelbock zurückgezogen wird. Dabei fällt der ungebundene Sand zu beiden Seiten des Stapels heraus und die einzelnen Rollen der versandbereiten Dachpappe bleiben vollständig frei davon. Behufs Abnehmens der einzelnen Rollen von der Wickelwalze heben beide Arbeiter diese mit der aufgewickelten Pappe aus den beiden Lagern der Walze und bringen sie auf eine geeignete Unterlage, an der Pfanne das vorspringende Ende des Tisches, beim Wickelbock an den Stabeln auf einen daneben stehenden besonderen Tisch, und indem jeder Arbeiter eine Hälfte der Wickelwalze aus der Rolle herauszieht, wird letztere freigelegt. Nach dem Einlegen der Walze in ihre Lager ist diese wieder zu weiterer Arbeit bereit.

Das Lagern der Dachpappe hat in einem luftigen, am besten ringsum mit Jalousien versehenen Raum zu erfolgen, um der Luft freien Durchzug zu gestatten. Dabei ist es von Vorteil, die Dachpappe, wenigstens in der ersten Zeit, nicht liegend, sondern auf dem Kopfe stehend, aufzubewahren, um ein immerhin mögliches Zusammenkleben der einzelnen Lagen an schlecht besandeten Stellen zu verhüten. Dies bietet auch noch gleichzeitig den Vorteil, daß die Ränder der Pappe sich auf der ebenen Unterlage des Bodens ganz von selbst absolut scharfkantig arbeiten, was der Ware ein sehr gefälliges Äußere verleiht.

Die *Leistungsfähigkeit* der Imprägnierpfannen schwankt je nach der Stärke der herzustellenden Dachpappe, sowie der Geschicklichkeit der Arbeiter innerhalb ziemlich weiter Grenzen; sie beträgt für die stärkeren Sorten von Nr. 00 bis 2 ungefähr 80 bis 100 qm in der Stunde, für die schwächeren Sorten von Nr. 3 aufwärts 120 bis 180 qm. Bei den ganz schwachen Sorten von Rohpappe, welche der Teer in der kürzesten Zeit vollständig durchdringt, ist das Aufwickeln auf die Eindrehwalzen überflüssig; sie werden einfach am hinteren und vorderen Ende der Pfannen mittels leichter Walzen unter das Niveau der Imprägnierflüssigkeit getaucht und dann den Abstreichwalzen zugeführt.

Über die Gewichtszunahme, welche die Rohpappe beim Teeren und Besanden erfährt, gibt folgende Tabelle Aufschluß:

Rohpappe Nr.	Es wiegen 10 qm etwa			10 qm nehmen auf:	
	roh kg	geteert kg	geteert u. gesandet kg	Teer kg	Sand kg
00 = 50	10,0	28,0	48,0	18,0	20,0
0 = 60	8,3	23,5	42,0	15,2	19,0
I = 75	6,6	20,25	38,0	13,65	18,0
II = 90	5,5	18,5	34,0	13,0	15,5
III = 120	4,2	16,5	30,0	12,3	13,5
IV = 150	3,3	13,75	25,0	10,45	11,25
V = 200	2,5	9,25	20,0	6,75	10,75
VI = 250	2,0	8,5	17,0	6,5	8,5

1 cbm getrockneter und gesiebter Sand, wie er zur Dachpappenfabrikation geeignet ist, wiegt etwa 1600 kg, woraus sich die Menge des erforderlichen Sandes dem Maß nach leicht berechnen läßt. Natürlich ist die Aufnahme an Teer und Sand nicht eine so regelmäßige, daß sich das fertige Fabrikat einfach dem Gewicht nach sortieren ließe; man hat gleichzeitig auch die Stärke der Dachpappe beim Sortieren in Betracht zu ziehen, wenngleich auch das Gewicht der einzelnen Rollen stets den besten Anhalt gibt. Es ist begreiflich, daß die Menge der Teeraufnahme schwankt, je nach der mehr oder weniger lockeren Beschaffenheit der Rohpappe und der Stellung der Abstreichwalzen, und daß auch die Sandaufnahme zu diesen Faktoren in enger Beziehung steht. Man hat es daher bis zu einem gewissen Grade in der Hand, aus schwacher Rohpappe eine starke Dachpappe von hohem Gewicht zu erzeugen und es ist daher auch verständlich, daß alle Dachpappe nach der Fertigstellung noch sortiert werden muß. Zwischen den in obiger Tabelle angegebenen Gewichten der geteerten und besandeten Pappe kommen natürlich fast alle Zwischenstufen vor, was bei der rohen Arbeit des Teerens und Besandens nicht anders erwartet werden kann.

Was nun die Anordnung der Apparatur einer Dachpappenfabrik anbelangt, so richtet sich dieselbe ganz danach, ob dieselbe mit der weiteren Verarbeitung des Steinkohlenteers auf seine Rohprodukte kombiniert werden soll, oder lediglich eine Entwässerung des Teers beabsichtigt ist. Das Schema einer modernen Anlage zur Fabrikation von Dachpappe nach der Konstruktion der Firma Wilh. Lückau in Hamburg zeigen die Fig. 111 u. 112 (a. S. 285 und 286).

Wie aus Fig. 111 u. 112 ersichtlich ist, ist die Destillationsblase für Steinkohlenteer so aufgestellt, daß ihr entwässerter Inhalt sowohl in die beiden Schmelzkessel *a* und *b*, als auch in die Imprägnierpfanne *c* oder endlich in das Kellerbassin für destillierten Teer abgelassen werden kann. Die Heizung der Blase, sowie sämtlicher Apparate erfolgt mit Dampf durch eine neben dem Fabrikationsgebäude aufgestellte Zentralheizung. Das Füllen der Blase aus dem gleichfalls unter dem Gebäude liegenden Reservoir für Rohteer geschieht durch eine, mittels Vorgelege *d*, durch Ausrücker *e* in Tätigkeit zu setzende Plungerpumpe, welche

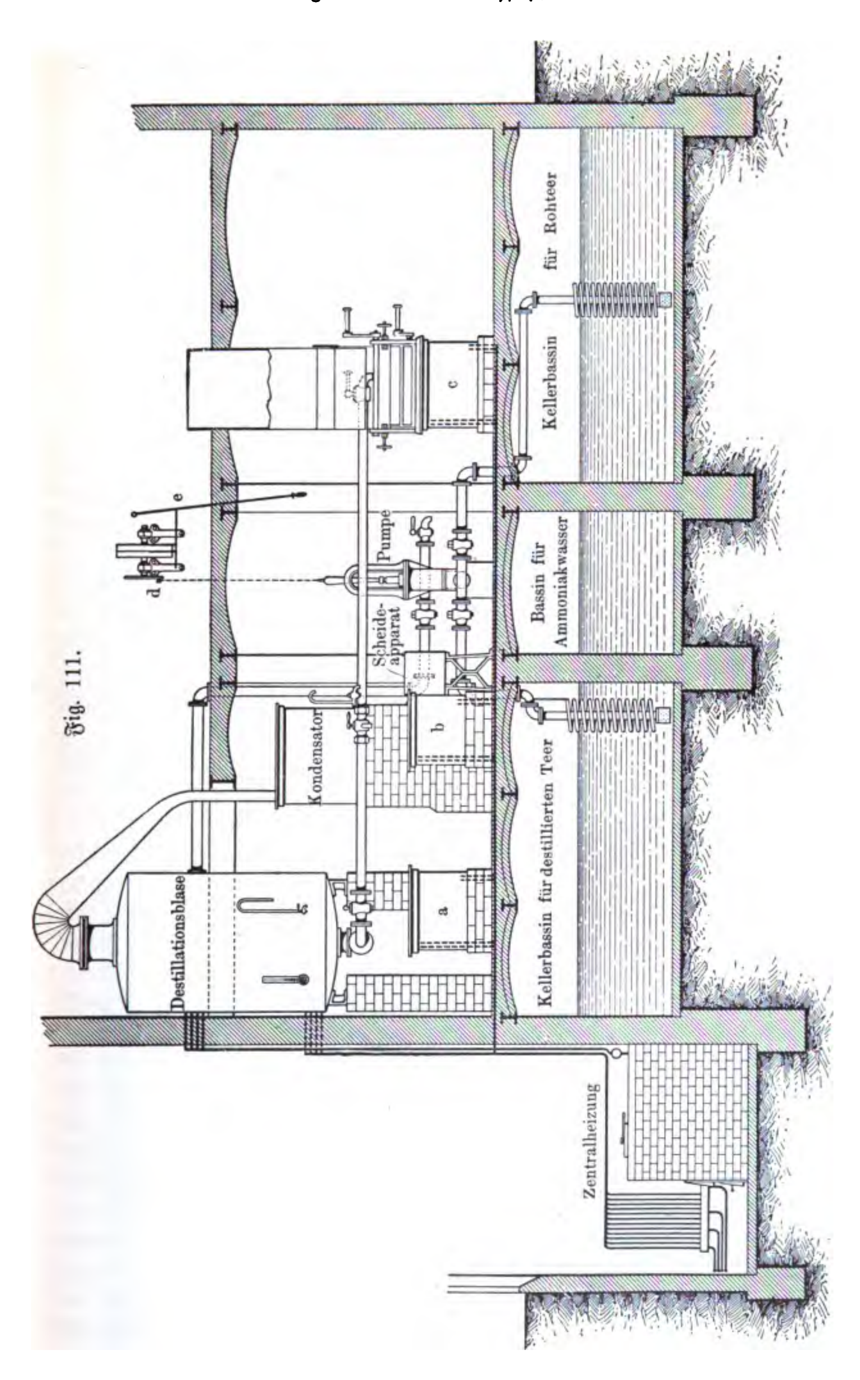

Destillationsblase
Kondensator
Scheide-
apparat
Pumpe
a
b
c
d
e
Kellerbassin für destillierten Teer
Bassin für
Ammoniakwasser
Kellerbassin für Rohteer
Zentralheizung

Fig. 111.

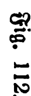

Schmelzkessel
a
b
Pumpe
Scheideapparat
c
f
Einrichtung zur Dachpappenfabrikation

Fig. 112.

gleichzeitig auch zum Herbeischaffen des destillierten Teers aus dem Kellerbassin dient. Ein zwischen den beiden Bassins für Roh- und destillierten Teer liegender zementierter Kellerraum ist für Aufnahme des bei der Destillation entfallenden Ammoniakwassers bestimmt, während das gleichzeitig übergehende Rohbenzol aus den Scheideapparaten direkt nach den zu seiner Lagerung bestimmten, geschlossenen, schmiedeeisernen Reservoirs fließt. Um auch bei anhaltender Kälte, welche namentlich den destillierten Teer stark verdickt, ein gutes Funktionieren der Pumpe zu ermöglichen, sind die Saugrohre derselben sowohl im Bassin für diesen, als auch in jenem für Rohteer, soweit sie in die Teerschicht reichen, mit Heizschlangen umgeben, welche den Teer dünnflüssig halten.

Die Schmelzkessel *a* und *b* dienen zur Herstellung der bei der Eindeckung mit Dachpappe nötigen Klebemasse, Holzzement usw., während die Fabrikation der Dachpappe in der Imprägnierpfanne *c* erfolgt. Natürlich wird die Anzahl der Imprägnierpfannen bei jeder größeren Anlage bedeutend zu vermehren sein und der dafür vorzusehende Raum sehr vergrößert werden müssen. An denselben, und zwar den Ausdrehwalzen gegenüber, hat sich der Raum zum Aufstapeln und Lagern der fertigen Dachpappen anzuschließen.

Auf einem viel weiter vorgeschrittenen Stadium befindet sich die Dachpappenindustrie in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, wo das Problem der rein maschinellen Herstellung der Dachpappen in den letzten fünf bis zehn Jahren glücklich gelöst und die Handarbeit dabei auf ein Minimum beschränkt worden ist. Dieser Umschwung hat sich ganz im Stillen vollzogen, und es ist darüber nicht viel in die Öffentlichkeit gedrungen. Gleichwohl gelang es mir, das Folgende über die üblichen Fabrikationsmethoden in Erfahrung zu bringen, und da diese Angaben Anspruch auf die größte Zuverlässigkeit machen können, mögen sie an dieser Stelle einen Platz finden.

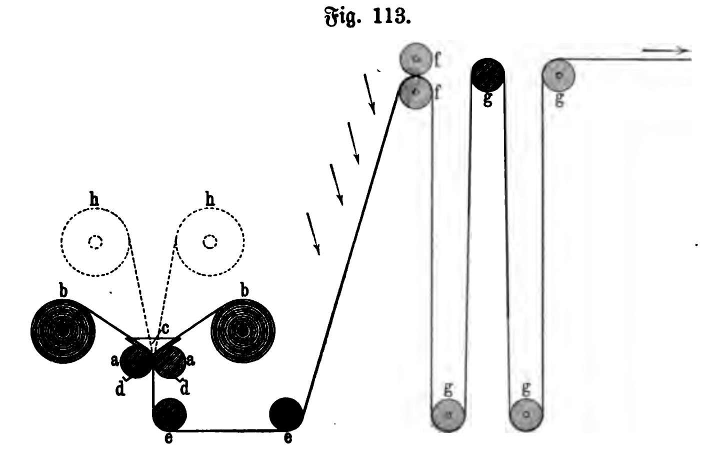
Die Hauptschwierigkeiten des maschinellen Betriebes, das häufige Zerreißen der imprägnierten Pappe, hat man hier dadurch vollkommen überwunden, daß man das Imprägnieren sowie das oberflächliche Teeren der Pappe in zwei vollkommen getrennten Operationen ausführt. Das Imprägnieren geschieht in besonderen Imprägniermaschinen durch eine Flüssigkeit, welche man durch Auflösen von Asphalt (Steinkohlenteerpech?) in dem leichtesten Destillat von der Entwässerung des Rohteers (also Rohbenzol) erhält. Diese Flüssigkeit dringt sehr schnell auch in der Kälte in die Lufträume der ungeleimten Rohpappe ein, und da sie sehr wenig konsistent ist, lockert sie die Struktur derselben viel weniger als heißer und dicker Steinkohlenteer. Die Folge davon ist, daß die Rohpappe mit erheblicher Geschwindigkeit die Imprägnierflüssigkeit passieren, und daß sie in der Maschine selbst ohne Gefahr des Zerreißens viel strammer gespannt sein kann, als bei Verwendung von präpariertem Teer, wodurch ein Schräglaufen derselben auf den Rollen absolut vermieden wird. Die Abstreichwalzen stehen sehr eng beieinander, so daß die Oberfläche der Pappe frei von überschüssiger Imprägnierflüssigkeit bleibt, wodurch, im Verein mit der großen Flüchtigkeit des Lösungsmittels für den Asphalt, jedes Zusammenkleben der Pappe in der Rolle ausgeschlossen ist.

Die auf diese Weise vorpräparierte Rohpappe wird nicht auf künstlichem

Wege getrocknet, sondern sie bleibt für drei bis vier Wochen in einem gut ventilierten Lagerschuppen aufrecht stehend gelagert. Nach dieser Zeit hat sich ihre Festigkeit so bedeutend vermehrt, daß sie ohne jegliche Gefahr des Zerreißens weiter behandelt werden kann; bei künstlicher Trocknung dagegen verliert sie durch rasche Verdunstung des Lösungmittels und dadurch bedingte Öffnung der Poren wieder viel von der erlangten Festigkeit.

Man verwendet nur eine Stärke von Rohpappe, die auf die erwähnte Weise präpariert ist, und erzielt die verschiedenen Stärken (Sorten) von fertiger Dachpappe durch Zusammenkleben von zwei, drei oder vier Lagen derselben mit Hilfe von besonders präpariertem Teer oder Asphalt in speziellen Maschinen.

Fig. 113.



Die fertige Ware führt demgemäß die Bezeichnungen „1 ply“, „2 ply“, „3 ply“ usw. und wird in Rollen von beliebiger Länge und der Breite von 32 Zoll geliefert.

Die Anordnung der Apparatur zur Herstellung derartiger Dachpappe ergibt sich aus obenstehender Skizze (Fig. 113). Im Erdgeschoß des Fabrikgebäudes ist in kräftigem, eisernem Gestell ein mit Dampf geheiztes Walzenpaar *a a* montiert, welches durch verstellbare Federn mit größerer oder geringerer Kraft gegeneinander gepreßt und durch einen Zahnradantrieb in entgegengesetzte, nach unten wirkende Bewegung versetzt wird. Zwischen dem Walzenpaar und an dieses möglichst dicht anschließend, sitzen die 32 Zoll langen (entsprechend der Breite der Rohpappe) eisernen, trichterförmigen Führungsplatten *c* in unverrückbarer Lage. Rechts und links vom Walzenpaar *a a* sind die Rollen *b b* mit imprägnierter Rohpappe gelagert, deren Enden beim Beginn der Arbeit in den Trichter, zwischen das Walzenpaar, eingeführt werden. Über den Führungsplatten *c* und dem Walzenpaar *a a* ist ein Gefäß angebracht, welches die verflüssigte, besonders präparierte Asphaltmasse zum Zusammenkleben der Pappe enthält und dessen Abfluß nach Bedarf reguliert werden kann Ferner befindet sich an dieser Stelle noch ein anderes Gefäß mit Sand oder einem anderen feinkörnigen, mineralischen Stoff, um durch Zufließenlassen des-

selben die Pappe verdicken oder beschweren zu können. An der unteren Seite des Walzenpaares *a a* befinden sich die beiden Abstreicher *d d*, welche die Walzen stets von seitlich etwa ausgetretenem Teer rein halten, was für den Gang der Maschine von größter Wichtigkeit ist. Unter dem Boden des Erdgeschosses wird die zusammengeklebte Papplage von den beiden Leitrollen *e e* aufgenommen und in schräg aufsteigender Bahn zwischen das auf dem Dachgeschoß aufgestellte Walzenpaar *f f* geführt. Dieses hängt am selben Antrieb wie das Walzenpaar *a a* und macht daher genau die gleiche Anzahl Umdrehungen, wodurch die Pappe zwischen *a a* und *f f* fortwährend sich in gleicher ziemlich straffer Spannung befindet. Auf dem Wege von Walze *e* zu *f f* findet eine Abkühlung des Fabrikates statt entweder durch in der Richtung der Pfeile aufgeblasenen Wind oder durch Berieseln mit kaltem Wasser, welches unten bei *e* wieder abfließt. Auch kann an dieser Stelle eine Bestreuung mit feinem Sand oder einem ähnlichen Material vorgenommen werden. Die folgenden Leitrollen *g g g g* führen die Pappe im Zickzack nach oben und unten, so daß dieselbe, bevor sie an der Stelle anlangt, wo die Wickelwalze angebracht ist, einen Weg von 500 bis 600 Fuß zurückgelegt hat, welcher erforderlich ist, um die Pappe vollständig abzukühlen, oder nach erfolgter Berieselung mit Wasser wieder zu trocknen. Auf der gleichfalls durch die Maschine betriebenen Wickelwalze kann die Pappe in beliebigen Längen abgeschnitten werden. Auf der Skizze bemerkt man in punktierten Linien noch die Papprollen *h h*, welche zwischen das Walzenpaar *a a* eingeführt werden, wenn es sich um die Herstellung drei- und vierlagiger Dachpappe handelt.

Der ganze Erfolg hängt von der absolut genauen Lagerung bei *a a*, *b b* und *f f* ab, welcher demzufolge die größte Aufmerksamkeit geschenkt werden muß; doch ist die Sache in diesem Falle in bezug auf den geraden und faltenlosen Lauf der Pappe auf und zwischen den Walzen lange nicht so ängstlich als bei in einer Operation imprägnierter und geteerter Rohpappe. Von Wichtigkeit ist auch noch, daß man die zwei bis vier Rollen imprägnierter Rohpappe von möglichst großer, aber sehr verschiedener Länge nimmt, einesteils, um möglichst selten neue Rollen einlegen zu müssen, und anderenteils, um zu verhindern, daß sie alle zu gleicher Zeit von der Rolle abgelaufen sind, wodurch sämtliche Spulwalzen zu gleicher Zeit frisch beschickt werden müßten. Läuft aber jedesmal nur eine Rolle ab, so kann diese sehr rasch ausgewechselt werden, und der Betrieb gestaltet sich zu einem ununterbrochenen.

Wie man sieht, gestattet diese Arbeitsweise lediglich die Herstellung einer beiderseitig unbesandeten Pappe. Gleichwohl wird in den Vereinigten Staaten auch eine Menge besandeter Dachpappe hergestellt und mit Vorliebe sogar mit dicker Kiesbestreuung zum Eindecken von Dächern verwendet, welche im äußeren ganz den in Deutschland üblichen Isolierplatten mit Kiesbestreuung ähnlich ist. Die Fabrikation derselben ist in ihrem ersten Teil, der Imprägnierung der Rohpappe, die gleiche, wie vorbeschrieben. Der zweite Teil, die Fertigstellung der Dachpappe, ändert sich natürlich, und man hat dabei die Handarbeit in den meisten Fabriken bis jetzt nicht ganz umgehen können. Wohl geschieht das Asphaltieren der unprägnierten Rohpappe, das Bestreuen und Zusammen-

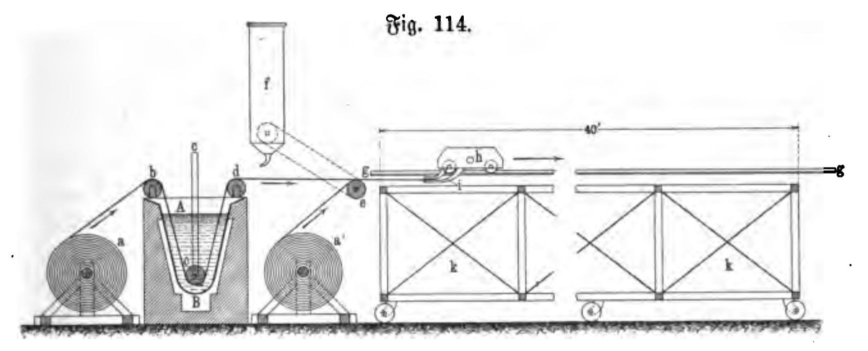
kleben derselben noch mit Maschinenkraft, aber von da ab hat Handarbeit an deren Stelle zu treten.

Die Dachpappe wird hier in der Regel in der Länge von 40 Fuß, aber auch in jeder gewünschten anderen Länge angefertigt. Aber während man in deutschen Fabriken die üblichen Längen hinter der Imprägnierpfanne auf der Wickelwalze in Rollen spult, die man hinterher unter Umständen (z. B. bei sehr starken Pappen) wieder aufrollt und aufstapelt, werden sie hier von einem exakt auf Schienen laufenden, ziemlich schweren Wagen mit breiter Zange am Ende gefaßt und in voller Länge über ein leicht aus Latten gefertigtes Gestell gezogen, auf dem sie bis zum Erkalten liegen bleiben, um erst dann aufgerollt zu werden. Die Bestreuung mit Kies oder Sand erfolgt vorher und deren Gewicht gibt die Kraft ab, welche die beiden Lagen gegeneinander drückt, bzw. aufeinander befestigt. Da der Lauf der beiden Rollen, von denen sich die Rohpappe abspult, ein absolut zentrischer und genau aufeinander eingestellter ist, und andererseits die fortschreitende Bewegung des Zugkarrens, an dessen Zange die beiden Enden der Rohpappe eingeklemmt sind, gleichfalls keinerlei Ablenkung nach rechts oder links im Lauf der Pappe zuläßt, so erreicht man dadurch eine ganz gleichmäßige Bewegung der Rohpappe und des fertigen Fabrikats, bei der jede seitliche Verschiebung infolge ungleichmäßiger Dicke usw. und damit auch Faltenbildung u. dgl. vollständig ausgeschlossen ist. Dies ist ein wesentlicher Vorzug gegenüber der alten Arbeitsweise des Fortbewegens der Rohpappe durch Aufwickeln des noch heißen und wenig widerstandsfähigen fertigen Materials auf die Wickelwalze, bei dem gerade diese Erscheinungen häufig genug die Ursachen lästiger Störungen und beträchtlicher Materialverluste sind. Ein weiterer Vorteil der amerikanischen Arbeitsweise liegt in dem Umstand, daß man, da die imprägnierte Rohpappe zum Zwecke der oberflächlichen Asphaltierung die flüssige Asphaltmasse mit größter Geschwindigkeit passieren kann, in der Lage ist, diese so konsistent zu machen, daß sie nach dem Erkalten gerade die wünschenswerte Biegsamkeit und Elastizität besitzt, wodurch das lange Lagern der fertigen Dachpappe in Wegfall kommt und diese schon unmittelbar, nachdem sie die Maschine verlassen hat, versandbereit ist. Dagegen könnte man vielleicht einwenden, daß die nach der amerikanischen Methode hergestellte Dachpappe der deutschen in qualitativer Hinsicht nachstehen müßte, weil die Faser nicht so vollständig von der Asphaltmasse eingehüllt und durchdrungen sein kann, wie bei der Arbeit nach altem System. Soweit der Verfasser dieses Werkes sich überzeugen konnte, steht die amerikanische Dachpappe der deutschen in bezug auf Qualität zum mindesten nicht nach, auch sind die Garantien, die bei Ausführung von Pappeindeckungen gefordert und übernommen werden, keineswegs geringere, als die in Deutschland üblichen.

Was nun die zur Fabrikation asphaltierter und bekiester Dachpappe seither übliche Apparatur anbelangt, so gibt nachstehende Skizze (Fig. 114) eine schematische Übersicht derselben. Eine schrägwandige, schmiedeeiserne Teerpfanne *A* ist über dem Luftheizkanal *B* mit davorliegender, gewöhnlicher Feuerung eingebaut. Rechts und links an dieser Pfanne sind die Rollen *a a'*, mit imprägnierter Rohpappe beschickt, in unverrückbarer Lage montiert. Die Pappe der

Rolle *a* wird durch die Leitwalze *b* und die Tauchwalze *c* unter die Flüssigkeit der präparierten Teer- oder Asphaltmasse geführt und verläßt die Pfanne über die Leitwalze *d*, um auf eine weitere Walze *e* zu gelangen, auf welcher gleichzeitig auch die (nicht asphaltierte) imprägnierte Rohpappe von Rolle *a'* einläuft, um sich mit der ersteren zu einem Ganzen zu vereinigen. Oberhalb und zwischen den Leitwalzen *d* und *e* ist der Sand- oder Kiesdistributor *f* angeordnet. Hinter der Walze *e* befindet sich in passender Höhe und gleichfalls unverrückbarer Lage das festliegende Schienengeleise *gg*, auf welchem der Zugwagen *h* mit der Zange *i* zum Festnehmen der Rohpappe läuft, welcher per Hand geschoben wird und nach Belieben beschwert werden kann. Unter das Schienengeleise *gg* kann das leicht aber dauerhaft gebaute, auf Drehrollen laufende Gestell *k* geschoben werden, welches eine solche Höhe besitzt, daß seine Oberfläche sich in geringer Entfernung von der Zange des Wagens *h* befindet und zur Aufnahme der fertigen Dachpappe dient. Es besitzt eine Länge von 40', bzw. die Länge der herzustellenden Dachpappe, und dient

Fig. 114.



daher gleichzeitig als Maß bei der Fabrikation. Die auswechselbare Oberfläche dieses Gestelles (die Tischplatte) ist durchbrochen und aus aufrecht gestellten schmalen Latten hergestellt, zwischen welchen genügend Spielraum ist, um der Luft freie Zirkulation unter die darauf gelagerte Dachpappe zu gestatten, und diese abzukühlen. Sobald die volle Länge der Tischplatte dieses Gestelles mit fertiger Dachpappe bedeckt ist, wird die Zange *i* am Zugwagen *h* geöffnet und dieser zurückgeschoben, um hinter der Gleitrolle *e* das abgeschnittene Ende der zusammen geklebten Papplagen aufs neue zu fassen. Die so beschickte Tischplatte des Gestelles *k* dagegen wird in diesem durch eine besondere Vorrichtung nach unten gesenkt und oben eine neue Platte eingeschoben. Die Arbeit wiederholt sich so oft, bis das ganze Gestell mit sechs bis acht Lagen fertiger Dachpappe belegt ist, worauf ein anderes Gestell untergeschoben wird, während die Pappe auf dem ersteren noch für kurze Zeit gelagert bleibt, um genügend abzukühlen, bevor sie in Rollen gewickelt wird. Statt des fahrbaren Gestelles haben manche Fabriken auch solche, welche stationär sind und eine genügende Anzahl Etagen besitzen, um während des Ausziehens der Dachpappe den bereits fertigen Lagen hinreichend Zeit zum Abkühlen zu lassen. In diesem Falle bestehen die Tischplatten aus zwei räumlich getrennten Längshälften. Der Zugkarren läuft auf

dem Boden des Gestelles, die Zange aber ist an einem senkrechten Stab befestigt, welcher zwischen den beiden Hälften der Tischplatte hindurchgreift.

Will man mit der beschriebenen Einrichtung drei- oder vierlagige besandete Dachpappe herstellen, so befinden sich zwei, bzw. drei Rollen *a* hintereinander im Betrieb; es sind zwei, bzw. drei Rollen *b* übereinander montiert, wie auch in der Teerpfanne *A* zwei, bzw. drei Tauchwalzen *c* angeordnet sind. Auf der Gleitwalze *d* bzw. *e* vereinigen sich sämtliche Lagen zu einem gemeinschaftlichen Ganzen. Natürlich gilt auch hier das schon früher bezüglich der differenten Länge der einzelnen Spulen mit imprägnierter Rohpappe Gesagte, um einen möglichst ununterbrochenen Betrieb zu gestatten.

Es ist leicht ersichtlich, daß diese Art der Dachpappenfabrikation immerhin noch einen beträchtlichen Aufwand an Handarbeit erfordert, die besonders in den Vereinigten Staaten sehr ins Gewicht fällt. Um auch diese noch auf ein Mindestmaß zu reduzieren, hat es an zahlreichen und kostspieligen Versuchen nicht gefehlt, die denn auch schließlich mit Erfolg gekrönt worden sind. Wie mir Herr Ingenieur Walter Kidde in New York (95 bis 97 Liberty Street) mitteilt, ist es ihm neuerdings gelungen, eine Maschine zu konstruieren, welche kontinuierlich arbeitet, und bei der die ganze Bewegung der Pappe durch Maschinenkraft erfolgt; dieselbe erfordert an Menschenkraft nur das, was zu ihrer Bedienung erforderlich ist und für den Transport der fertigen Ware in die Lagerräume beansprucht wird. Die Leistungsfähigkeit der Maschine gegenüber der vorbeschriebenen Apparatur soll die drei- bis vierfache sein. Nähere Details über die Konstruktion derselben konnte mir Herr Kidde vorerst nicht mitteilen.

Auf Verbesserungen in der Herstellung von Dachpappe sind folgende Patente entnommen worden:

F. A. Malchow[1]) stellt ein „Tectolith" genanntes Material, welches die Asphaltdachpappe ersetzen soll, her, indem er ein Leinwand- oder Hanfgewebe, welches durch ein Gemisch von 10 bis 15 Tln. Leim, 5 bis 6 Tln. Glyzerin, 15 bis 20 Tln. Zellulose und 60 bis 70 Tln. Wasser hindurchgezogen, abgepreßt und auf beiden Seiten mit einer dünnen Schicht Holzpappe überzogen worden ist, in der üblichen Weise asphaltiert, wobei dem Goudron etwa 5 Proz. Infusorienerde zugesetzt werden.

Josef Otto[2]) bedient sich zur Herstellung von Dachpappe statt der Rohpappe eines Jutegewebes und statt des Steinkohlenteers einer Mischung von $33^1/_3$ Tln. destilliertem Teer, $33^1/_3$ Tln. sizilianischem Asphalt, $16^2/_3$ Tln. Kolophonium und $16^2/_3$ Tln. Pech zum Imprägnieren. Die Herstellung der Dachpappe geschieht in der seither üblichen Apparatur. Das Jutegewebe wird nicht auf Spulen innerhalb der Imprägnierflüssigkeit aufgewickelt, sondern durch Walzen unter derselben durchgeleitet. Statt der Abstreichwalzen bedient sich der Erfinder nur einer Walze, welche als Gleitrolle dient und auf welche in ihrer ganzen Länge eine Bürste zum Abstreichen des überflüssigen Teers wirkt. Nach der Besandung gelangt das Gewebe in einen mit verdünnter Wasserglaslösung gefüllten Kasten, in welchem es durch eine Walze unter die Oberfläche

[1]) D. R.-P. Nr. 3097. — [2]) D. R.-P. Nr. 3141.

der Flüssigkeit geführt wird. Dadurch soll das Fabrikat einesteils abgekühlt und anderenteils zu seiner weiteren Erhärtung beigetragen werden. Die fertige Dachpappe wird schließlich, wie üblich, auf eine Wickelwalze gezogen und in beliebiger Länge abgeschnitten.

A. Ismer[1]) erzeugt eine Watte aus Hanf, Jute oder ähnlichen Fasern auf der Krempelmaschine und führt dieselbe dann auf einer Papierunterlage zwischen zwei Metalltüchern durch die Imprägnierflüssigkeit. Nach dem Passieren derselben gelangt die Pappe dann zwischen die Abstreichwalzen zum Abpressen des überschüssigen Teers und darauf wird dieselbe vermittelst selbsttätig befeuchteter Satinierwalzen gekühlt und geglättet.

A. Siebel[2]) erhielt ein Patent auf die Herstellung einer Metall-, Dach- und Wandpappe (Universalpappe), welche Metallbedachungen, wie Blei-, Kupfer- oder Zinkdächer ersetzen soll. Rohpappe, Filz, Gewebe u. dgl. wird von seiner Rolle ab und durch die geheizte Imprägnierpfanne gezogen, in welcher es mit Hilfe einer Tauchwalze und zweier Quetschwalzen mit Teer, Asphalt, Lack oder einer diese enthaltenden Komposition getränkt wird. Darauf geht das Material durch ein Streuwerk, in welchem es nach Bedarf auf beiden oder nur einer Seite mit Haaren, Faserstoffabfällen, Sägespänen oder auch gepulverten mineralischen Substanzen, wie Marmor u. dgl., bestreut wird. Nach dem Austritt aus dem Streuwerk wird das präparierte Papier oder Gewebe an einer Trommel befestigt, deren Breite derjenigen des Papiers usw. und deren Umfang der Länge der Bahn der fertigen Pappe entspricht. Diese Trommel läßt man nun zunächst so viele Umdrehungen machen, als man Lagen des präparierten Stoffes zu einer unteren Lage aufeinander legen will. Die einzelnen Lagen kleben infolge ihrer Präparierung leicht aufeinander und ihr Zusammenhaften wird noch befördert durch eine oder zwei hintereinander oberhalb der Trommel angeordnete Druckwalzen. An diese untere Lage legt man nun eine Bahn aus Drahtgeflecht in der gleichen Breite und läßt dieselbe zugleich mit dem noch weiter gelieferten imprägnierten Stoff sich auf der Trommel aufwickeln, so daß zwischen einer unteren und einer oberen Lage von Papier oder dgl. eine Zwischenlage aus Drahtgeflecht zu liegen kommt. Hat man dann die obere Papierschicht in gleicher Weise wie die untere in gewünschter Stärke hergestellt, so schneidet man das Papier an der Trommel ab und legt Walzblei oder anderes Walz- oder Schlagmetall an, während man die Trommel sich weiter drehen läßt, so daß die Pappe auf der Oberseite eine fest aufgepreßte Metallverkleidung erhält. Hierauf schneidet man die Bahn auf der Trommel durch und hebt dieselbe ab.

Der metallische Überzug kann auch auf galvanischem Wege erzeugt werden. Das fertige Produkt wird entweder in Rollen in den Handel gebracht, oder man stellt daraus wellblechähnliche Fabrikate oder Dachpfannen und Rinnen u. dgl. her.

Jacobius u. Söhne[3]) haben sich eine Maschine zum Tränken von Filz u. dgl. mit Teer patentieren lassen.

Paul Wiggert[4]) will eine Dachpappe, die vor dem gewöhnlichen Pro-

---

[1]) D. R.-P. Nr. 14989. — [2]) D. R.-P. Nr. 43349 vom 20. Sept. 1887 ab. — [3]) D. R.-P. Nr. 54224. — [4]) D. R.-P. Nr. 81565.

dukt den Vorzug größerer Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse, sowie die Möglichkeit, auch an senkrechten Flächen sich zu halten, besitzt, dadurch herstellen, daß er Lederpappe (unbesandete Dachpappe) zuerst in heißem Kautschukfirnis, d. i. Leinölfirnis, in welchem vorher in kleine Stückchen zerschnittener Kautschuk aufgelöst worden ist, tränkt und der Pappe nach dem Trocknen dann einen biegsamen Anstrich aus 1 Tl. Schlämmkreide, 1 Tl. Erdfarbe, als Umbra, Ocker oder dgl., und 3 Tle. Silberglätte in 5 Tln. Leinölfirnis gibt. Auf den noch feuchten Überzug wird für die Außenseite gemahlener Sandstein, für die Innenfläche gelber Sand aufgestreut. Ersterer gibt nach außen die erforderliche dichte Schicht, auf welche zum Schluß noch eine gewöhnliche Ölfarbe aufgestrichen wird.

Der Apparat zur Herstellung von Dachpappe von Richard Müller [1]) besteht aus einem sehr großen eisernen Gestell, mit einer großen Anzahl Lagerwalzen, welche in Gruppen derart übereinander angebracht sind, daß eine Reihe von 16 Walzenstraßen zum Auflegen der Rohpappe entsteht. Diese wird mittels Ketten mit Klauenvorrichtungen von einer Seite her auf die Lagerwalzen gezogen und wenn sämtliche Walzen besetzt sind, wird das Gestell zur Imprägnierung der Pappe in ein passendes Bassin mit heißem Teer eingetaucht. Den überflüssigen Teer läßt man darauf über einen flachen Abtropfkasten ablaufen. Nachdem die drei letzten Reihen der Lagerwalzen entfernt sind, so daß die Enden der Pappe frei herabhängen, wird ein Walzenpaar zum Abstreichen des Teers vorgeschoben, welches die imprägnierte Pappe aus dem Apparat zieht und gleichzeitig dem Sandstreuapparat zuführt.

Einen Asphaltdachfilz mit Metalldrahteinlage erzeugt E. Kanert [2]) dadurch, daß er ein Gewebe aus einer Webkette von Metalldraht und einem Einschlag von mit einem groben Faserstoff (Jute, Haare, Wolle, Kokosfaser, Hanf, Torffaser, Holzwolle u. dgl.) umsponnenen Metalldraht herstellt, das auf die bekannte Weise mit Teer u. dgl. imprägniert wird.

L. Hatschek [3]) stellt wasserdichte Dach- und Isolierpappe dadurch her, daß er Fasermaterial, insbesondere Asbest, im Holländer oder in der Bütte mit gepulvertem Asphalt innig vermischt und das aus dieser Mischung auf der Pappenmaschine hergestellte Produkt bis zum teilweisen Ausschmelzen des inkorporierten Asphalts erwärmt.

Ein Verfahren zur Herstellung von Wellenfilzplatten zur Dachdeckung und Isolierung hat sich die Filzfabrik Adlershof [4]) patentieren lassen.

A. W. Andernach [5]) stellt Dach- und Isolierpappen, wasserdichte Papiere u. dgl. unter Verwendung von Stearinpech, Harz, Leinöl und Paraffinöl her. Zwei frühere Patente [6]) des gleichen Erfinders betreffen gleichfalls die Herstellung von einfacher und mehrlagiger Dachpappe.

Stephan Mattar [7]) will die Imprägnierung der Rohpappe mit Teer in ähnlicher Weise ausführen, wie in den Färbereien das Klotzen geschieht,

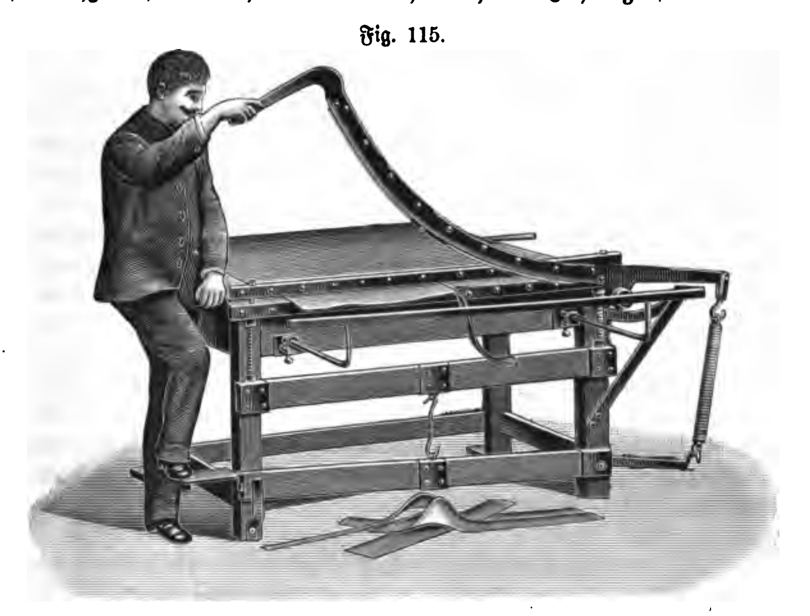
---

[1]) D. R.-P. Nr. 84288; Chem.-Ztg. 1896, S. 58. — [2]) D. R.-P. Nr. 91809. — [3]) D. R.-P. Nr. 101435. — [4]) D. R.-P. Nr. 107639 vom 14. Mai 1899 und 108164, Zusatz zum vorigen. — [5]) D. R.-P. Nr. 122893. — [6]) D. R.-P. Nr. 121436 und 92309. — [7]) D. R.-P. Anmeldung M 14298/8 vom 23. Juli 1897.

z. B. nach der Patentschrift D. R.-P. Nr. 33590. Die Rohpappe soll dadurch schnell und gründlich mit der heißen Teermasse durchsetzt werden, was ein Haupterfordernis für die Herstellung einer guten Dachpappe ist.

Der zur Imprägnierung bestimmte Teer befindet sich in einem geheizten Behälter, in welchem zylindrische Behälter rotieren, die durch Zahnräder oder in anderer Weise angetrieben werden. An diese Zylinder werden durch Federn oder Gewichte, welche gegen die Lager oder gegen die Zapfen wirken, Walzen angedrückt, so daß die Rohpappe zwischen diesen und den rotierenden Zylindern hindurchgleitet, wobei ihr eventuell noch Bleche als Führung dienen können.

Fig. 115.



Durch die Walzen wird nicht allein ein völliges Durchkneten der Pappe mit der Teermasse erzielt, sondern es werden auch zu gleicher Zeit alle Luftblasen aus derselben auf die einfachste Weise ausgetrieben. Bevor die Pappe die Imprägnierpfanne verläßt, passiert sie noch ein paar Abstreichwalzen und gelangt alsdann in den Besandungsapparat, hinter welchem eine Pappschere angebracht ist, welche die Rollen in bekannter Weise auf bestimmte Längen abschneidet. Sie wird schließlich auf eine Wickelwalze gerollt, welche sie direkt als versandfähige Ware verläßt.

Benrath und Franck bringen unter dem Namen Sturmpappe einen patentamtlich geschützten Dachstoff in Rollen von 140 oder 100 cm Breite bei etwa 200 m Länge in den Handel, der aus einem asphaltierten Jutegewebe als Einlage, verbunden mit lochfrei gearbeitetem Manillapapier besteht und etwa zehnmal leichter sein soll als mittelschwere Dachpappe. Vor dieser soll er außerdem den Vorteil der $12^1/_2$fachen Reißlänge, der fünffachen Dehnungsfähigkeit und größerer Wasserundurchlässigkeit besitzen. Diese Vorteile werden

von den Erfindern auf die Kombination von Papier und Gewebe zurückgeführt; die Maschen des Gewebes dienen gleichsam als Reservoir für die Anhäufung großer Quantitäten von Teer innerhalb derselben und zwischen ihnen wird der Teer vor Abregnen, Abfrieren und Bröckeln geschützt und dauernd festgehalten.

H. Blakely und J. M. Wright[1]) stellen ein Dachbedeckungsmaterial her, indem sie Rohpappe, Papier oder Stoff mit einer Mischung aus 1 Gall. Steinkohlenteer, 2 Unzen gelöschtem Kalk, 1/2 Unze Soda, 1/4 Unze Akaziengummi, 1/4 Unze Zinkoxyd, 5 Unzen Bleiglätte und 6 bis 8 Unzen Gips imprägnieren.

Anschließend wäre noch zu erwähnen, daß die Dachpappe für gewisse Zwecke, z. B. zur Herstellung von Doppelpappdächern, nicht in 1 m breiten Bahnen, sondern in solchen von 0,5 m Breite, oder bei der Eindeckung auf Leisten (s. später) als Kappen oder Streifen zum Überdecken der Stöße in einer Breite von etwa 12,5 cm gebraucht wird. Diese schmalen Bahnen und Streifen werden durch Trennen der bereits fertigen Dachpappe hergestellt. Zum Schneiden von Kappen oder Streifen dient ein Schneidetisch (Fig. 115 a. S. 295) mit festem, auf einen Tisch montiertem Unterlineal, durch Tritt beweglichem Oberlineal und etwa 1,25 m langem Messer von bestem Gußstahl, welches nach jedem Schnitt automatisch in die Höhe geht. Von diesem Messer wird die Pappe der Quere nach in Streifen beliebiger Breite geschnitten.

Die halben, Drittels- oder Viertelsbahnen für Doppelpappdächer, zur Gipsdielenverkleidung usw. werden mit einer in besonderer Führung laufenden Säge aus den in einen Sägebock eingelegten Rollen geschnitten; am besten eignet sich dazu aber eine von der Maschinenfabrik von Karl Krause in Leipzig konstruierte Kreispappschere für Maschinenbetrieb mit zehn beliebig verstellbaren Kreismessern an ein und derselben Welle.

3. Die Fabrikation der Asphaltisolierplatten.

Je nach der Natur des als Träger für die isolierende Asphaltschicht dienenden Fasermaterials unterscheidet man die Asphaltisolierplatten in Asphaltpappplatten, Asphaltfilzplatten und Asphaltjuteplatten und ebenso richtet sich danach bis zu einem gewissen Grade auch der Weg, auf dem dieselben fabrikmäßig hergestellt werden. Während z. B. die Asphaltpappplatten sich mit Leichtigkeit auf die Weise erzeugen lassen, daß man Dachpappe durch Tauchen in das geschmolzene Asphaltmaterial in ganz ähnlicher Weise mit Asphalt überzieht, wie die Rohpappe in der Imprägnierpfanne mit Teer, ist dieser Weg schon bei der Verwendung von Jute als Unterlage wegen der geringen Steifigkeit dieses Materials nicht mehr gut anwendbar und bei Asphaltfilz gänzlich ausgeschlossen, weil das hauptsächlich durch seinen Asphaltgehalt in feste Verbindung gebrachte, sonst aber aus losen Fasern bestehende Material beim Eintauchen in den geschmolzenen Asphalt erweicht, seinen Zusammenhang verliert und auseinander fällt. In diesen Fällen kann dem Faserstoff der Asphalt nur durch Aufstreichen oder Aufbürsten in geschmolzenem Zustande appliziert werden.

[1]) Am. Pat. Nr. 691822 vom 28. Jan. 1902.

Die Asphaltisolierplatten werden in einfacher und doppelter Lage hergestellt und in letzterem Falle zuweilen mit einer metallischen Einlage von Drahtgewebe zur Erhöhung der Festigkeit, oder von dünnem Walzblei (A. Siebel) zur Vergrößerung der Wasserundurchlässigkeit versehen. Bei gut ausgeführten Platten sind alle derartigen Einlagen überflüssig, da das faserige Material, welches als Träger der Asphaltschichten zu dienen hat, in weiterem Sinne nur den Zweck verfolgt, die Biegsamkeit und besonders die Dehnbarkeit des Asphalts zu erhöhen, damit er bei örtlichen Senkungen des isolierten Mauerwerks der Bewegung zu folgen vermag, ohne die Kontinuität zu verlieren, ein Zweck, der bei der im allgemeinen geringen Dehnbarkeit der hier in Frage kommenden Metalle nie erreicht werden wird.

Man fertigt die Asphaltisolierplatten für jede beliebige Mauerbreite passend, indem man die Einlage vorher in der gewünschten Breite zuschneidet; entsprechend dem großen Gewicht der fertigen Platten beträgt deren Länge bei 0,81 bis 1,0 m Breite jedoch selten mehr als 3,33 m. Bis zu einer Stärke von etwa 10 mm können dieselben in Rollen, darüber hinaus und namentlich in doppellagiger Ware müssen sie entweder flach ausgebreitet zwischen Sand gelagert oder in gleicher Weise mit Papiereinlage zwischen Planken an einem kühlen Orte aufbewahrt und versandt werden. Das Zuschneiden der einzelnen Streifen erfolgt bei Pappe und Filz am besten mit der Kreispappschere, bei Jute und ähnlichem Fasermaterial dagegen mit der gewöhnlichen Schere.

Von größter Wichtigkeit ist es, das Asphaltgemisch, welches zum Überziehen der Streifen dienen soll, in der geeigneten Weise und Zusammensetzung herzustellen, so daß es unter dem Einfluß höherer Lufttemperatur nicht auseinanderfließt und in der Kälte nicht so spröde wird, daß die Platten beim Biegen brechen. Eine Asphaltmasse, wie wir sie bereits früher als Asphalt- oder Pflasterkitte kennen gelernt haben, dürfte dem Zwecke vollkommen entsprechen. Eine wegen der Güte ihrer Asphaltisolierplatten bekannte Fabrik soll angeblich folgende Mischung verwenden: 500 Tle. mittelhartes Steinkohlenteerpech, 300 Tle. Schlämmkreide, 200 bis 400 Tle. präparierten Teer (Dachlack); der Zusatz von Teer schwankt je nach der Jahreszeit, in welcher die Platten verlegt werden sollen, und ist geringer im Hochsommer, größer in den kälteren Monaten.

Zur Isolierung von leichtem Mauerwerk gegen aufsteigende Feuchtigkeit wird vielfach die aus 50er Rohpappe hergestellte, ganz schwere Dachpappe benutzt, welche daher auch Isolierpappe genannt wird. Eine leichte, aber für die meisten Zwecke vollkommen ausreichende Sorte von Isolierplatten wird aus schwerer, unbesandeter Dachpappe (Lederpappe aus 50er und 60er Rohpappe) in ganz ähnlicher Weise wie die Dachpappe selbst hergestellt. In einer kurzen, nur etwa 1,5 m langen Pfanne von ganz gleicher Einrichtung wie die Imprägnierpfannen für Dachpappenfabrikation, wird die Asphaltmasse zum Schmelzen gebracht. Die in Längen von $3^1/_3$ m geschnittene Lederpappe wird unter einer Tauchwalze durch die Masse gezogen und gelangt zwischen die ganz weit gestellten Abstreichwalzen, die vorteilhaft geheizt sein können und von da auf den mit erwärmtem Asphaltkies beschickten Tisch, auf welchem sie auch auf der oberen

Seite mit heißem Asphaltkies, entweder per Hand oder vermittelst der Streumaschine bestreut werden. Das Aufwickeln der bekiesten Platten erfolgt nicht auf der zweiteiligen, festgelagerten Wickelwalze, sondern um einen einfachen hölzernen runden Stab auf einer Kiesunterlage, wodurch auch Kies auf etwa ungenügend gedeckten Stellen auf der unteren Seite der Pappe durch das eigene Gewicht der Platten fest eingedrückt wird, so daß die fertigen Platten ein durchaus gleichartiges, gefälliges Aussehen gewinnen.

An dem Stabe werden sie darauf vom Tische abgehoben und auf dem flachen Boden auf einer Unter- und Zwischenlage von heißem Kies aufgerollt und übereinander zu Stößen aufgestapelt, bevor sie dann nach völligem Erkalten mit einer Einlage von Packpapier in Rollen zum Versand gebracht werden. Um eine gleichmäßige, lückenfreie Bekiesung zu erzielen, ist es absolut erforderlich, den Asphaltkies in gänzlich staub- und lehmfreiem Zustande zu verwenden und denselben vor dem Gebrauch auf einer Darre oder in einem Kessel gut anzuwärmen. Ein kalter, gut gereinigter Kies haftet zwar für den ersten Augenblick an der noch heißen Asphaltschicht, fällt aber nach dem Erkalten beim Umrollen wieder ab, da der Asphalt infolge der raschen Abkühlung durch den kalten Kies diesen nicht fest genug zu binden vermag. Unter Verwendung von 60er Rohpappe beträgt das Gewicht der so hergestellten Asphaltisolierplatten etwa 12 kg pro Quadratmeter und deren Stärke einschließlich der Kiesschicht etwa 7 bis 8 mm.

Stärkere Isolierplatten, d. h. solche mit dickerer Asphaltschicht, werden aus Dachpappe, die besandet sein kann, oder Asphaltfilz auf einem Tische durch Streicharbeit hergestellt. Der Tisch besitzt eine Breite von 1,1 m bei einer Höhe von 0,7 m und einer Länge von 15 m und ist nach der Seite hin, nach welcher die Arbeit vorwärtsschreitet, leicht geneigt. Die Tischplatte muß von $1^1/_2$ Zoll starken Bohlen in gleichmäßiger Ebenheit hergestellt sein und besitzt auf der einen Längsseite einen feststehenden Rand von Winkeleisen, gegen welchen die zu asphaltierende Pappe oder dgl. fest angeschoben wird. Dachpappe und Filz werden gleichfalls in nach Länge (gewöhnlich $3^1/_3$ m) und Breite zugeschnittenen Stücken und zwar im ganzen auf eine Länge von 10 m auf den Tisch gebracht und mit den Rändern fest aneinandergeschoben. Der Anstrich mit der Asphaltmasse hat sehr gleichmäßig von beiden Längsseiten des Tisches aus gleichzeitig mit in Draht gebundenen Streichbürsten mit seitlichem Stiel zu erfolgen und zwar vom höchsten Punkte des Tisches aus, dem Gefälle desselben gleichlaufend. Der Asphalt wird in Trageimern beigebracht und in kleinen Portionen auf der Platte ausgegossen, die sofort verstrichen werden müssen; die Erzielung einer gleichmäßig starken Schicht erfordert immerhin einige Übung seitens der Arbeiter. Ohne Aufenthalt erfolgt dicht hinter dem Anstrich die Bestreuung der Schicht seitens eines anderen Arbeiters mit angewärmtem Kies. Es geschieht dies unter Anwendung eines Siebes zur besseren Verteilung der einzelnen Kiesteilchen.

Nachdem die sämtlichen Platten des Tisches auf diese Weise einseitig mit einer Asphalt- und Kiesschicht überzogen worden sind, erfolgt ein Abwalzen derselben mit der Handwalze unter Anwendung eines leichten Drucks, um den

Asphaltkies in die heiße Asphaltschicht einzupressen. Diese (Fig. 116) ist eine einfache Walze von hartem Holz, etwa 480 mm lang bei 120 mm Durchmesser, welche an einem hölzernen Stiel drehbar ist. Bevor die Platten gewendet werden, um sie auch auf der anderen Seite asphaltieren und bekiesen zu können, muß man sie einigermaßen abkühlen lassen, damit sie bei dieser Hantierung nicht zerreißen, da die Pappe oder der Filz beim Bestreichen mit der heißen Asphaltmasse sehr weich und locker werden. Man hat natürlich stets mehrere derartige Tische in Bereitschaft und arbeitet inzwischen an einem zweiten, während die Platten auf dem ersten Tisch zur Abkühlung zu liegen haben.

Das Umwenden der Platten auf die andere Seite erfolgt bei der letzten Platte des Tisches, hinter welcher noch etwa 5 m des letzteren frei liegen, so, daß die Arbeiter die Platte an ihrem oberen Ende fassen und dieses über das untere Ende hinwegziehen. Dabei fällt der nicht gebundene Kies zu beiden Seiten ab, während die Platte dann umgekehrt auf das freie Ende des Tisches zu liegen kommt. Sind alle Platten in dieser Weise gewendet und die Ränder derselben wieder an den seitlichen Falz und gehörig aneinandergeschoben, so erfolgt der zweite Anstrich in genau der gleichen Weise. Im übrigen sind dieselben in derselben Art fertig zu stellen, wie dies schon vorher beschrieben worden ist.

Fig. 116.

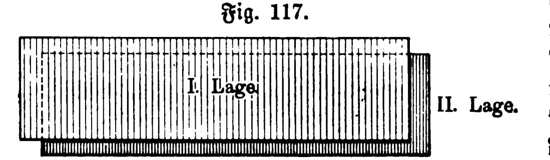
Bei der Verwendung werden die Platten, um eine ganz homogene Abdeckung des Mauerwerks zu erzielen, mit ungefähr 10 cm Überdeckung übereinandergeschoben und die Ränder mit der gleichen Masse verklebt, welche zur Herstellung der Platten dient. Dadurch entstehen an den Überlappungsstellen, wo also zwei Lagen Platten übereinander liegen, Erhöhungen, welche bei der Isolierung von Fundamentmauern in der Regel ohne Bedeutung sind, aber sehr störend werden können, wo es sich um die Isolierung großer Flächen, wie z. B. Brücken- und Kellergewölbe, Kasematten usw., handelt, weil hier die Platten nicht allein an der Breit-, sondern auch an der Längsseite überlappt werden müssen, wodurch es vorkommen kann, daß an einzelnen Stellen vier, mindestens aber drei Lagen übereinander kommen. Die dadurch verursachten Unebenheiten in der Isolierungsschicht können mithin sehr beträchtlich sein.

Für diese Zwecke werden die Isolierplatten daher meistens mit einem Falz angefertigt, welcher in den der benachbarten Platte eingreift und mit Asphaltkitt verklebt wird. Es verursacht keinerlei besondere Umstände, die Platten in dieser Weise herzustellen. Schon beim Belegen der Tische werden die einzelnen Pappstreifen an den Quernähten 10 cm übereinandergeschoben. Die ganze Längsnaht dagegen wird längs des seitlichen Winkeleisens am Tisch mit einem 10 cm breiten Flacheisen (resp. von der Breite des gewünschten Falzes) überdeckt und im übrigen verfahren wie beschrieben. Auf diese Weise bleiben die überdeckten Flächen frei von Asphalt und Kies und bilden einen natürlichen Falz, der an allen vier Seiten der Platten abwechselnd oben und unten erscheint.

Unter Verwendung 50er oder 60er Dachpappe (Nr. 00 oder Nr. 0) beträgt das Gewicht der auf diese Weise hergestellten Isolierplatten etwa 22 bis 24 kg pro Quadratmeter bei einer Stärke von 10 bis 12 mm, einschließlich der Kiesschicht. Platten mit Filzeinlage dagegen wiegen bei gleicher Stärke höchstens 17 bis 18 kg pro Quadratmeter, was natürlich auf das geringere Gewicht des Asphaltfilzes (1,4 bis 1,5 gegen 4,8 bis 5 kg pro Quadratmeter) zurückzuführen ist. Derartige Platten können zwar noch in Rollen aufgewickelt zum Versand gebracht werden, allein es empfiehlt sich mehr, den Versand so zu bewerkstelligen, daß die Platten (je vier bis fünf Stück) platt zwischen je zwei Planken von entsprechender Größe gelegt werden, die aneinander befestigt sind mit einer Zwischenlage von Packpapier. Auf diese Weise ist jede Beschädigung der Platten beim Transport und der Entladung ausgeschlossen, während bei loser Verladung derselben zwischen Sand oder Sägespänen beim Entladen durch unkundige Hände oft großer Schaden angerichtet wird.

Doppellagige Asphaltisolierplatten, d. h. solche mit zwei Lagen Faserstoff zwischen je drei Lagen Asphalt, werden sowohl aus Dachpappe wie auch aus Asphaltfilz zuweilen hergestellt. Ihre Anfertigung erfolgt genau in der vorher beschriebenen Weise; nachdem die eine Seite der Platten mit Asphalt und Kies überzogen ist und die Platten gewendet sind, erfolgt zunächst das Aufkleben der zweiten Lage und nach entsprechendem Abkühlen das Asphaltieren und Bekiesen derselben. Bei diesen Platten ist die Anbringung eines Überdeckungsfalzes natürlich unerläßlich; derselbe ergibt sich aber ganz von selbst, wenn die beiden Lagen auf die aus der Zeichnung (Fig. 117) ersichtlichen Weise aufeinandergeklebt werden.

Fig. 117.



Doppellagige Asphaltisolierplatten können nur plattgelegt aufbewahrt und transportiert werden. Sie besitzen eine Stärke von etwa 15 bis 18 mm bei einem Gewicht von etwa 32 kg pro Quadratmeter für Pappeinlage und von etwa 23 kg pro Quadratmeter für Filzeinlage.

Bei der Herstellung von Isolierplatten mit Juteeinlage hat man die Jute, ihrer geringen Steifigkeit wegen, beim ersten Asphaltanstrich in irgend einer Weise auf dem Tisch zu befestigen, damit sie sich beim Streichen mit der Bürste nicht verschiebt. Unmittelbar hinter der Bürste wird eine Rolle imprägnierten oder gewöhnlichen Papiers von derselben Breite, welche die Jute besitzt, nachgerollt, welches mit einer Handwalze auf den Asphaltüberzug festgedrückt wird. Beim zweiten Anstrich (auf der unteren Seite der Jute) ist ein Befestigen auf dem Tische überflüssig, weil die Jute durch den ersten Anstrich die nötige Festigkeit erlangt hat. Der beiderseitige Überzug der asphaltierten Jute mit Papier hat lediglich den Zweck, ein Zusammenkleben der einzelnen Lagen der Rollen zu verhindern.

Wegen der geringen Schwere der auf diese Weise hergestellten Juteplatten

kann man dieselben in Längen bis zu 10 m fabrizieren; sie sind in Rollen und liegend aufzubewahren und zu versenden.

Ein eigentümliches Verfahren zur Herstellung von Asphaltjuteisolierplatten soll laut mündlichen Mitteilungen in einer bekannten deutschen Asphaltfabrik üblich sein. Dort taucht man die zugeschnittene Jute in die geschmolzene Asphaltmasse und hebt sie mittels eines Krans nach erfolgter Aufnahme derselben wieder heraus. Nach dem, über der Pfanne erfolgten, Abtropfen des überschüssigen Asphalts wird die Jute auf den Boden herabgelassen, auf eine Schicht von trockener, gesiebter Asche, Kokslein, Sand u. dgl. flach gebettet und sofort mit dem gleichen Material überschaufelt. Man stapelt die Platten, für die natürlich auch ein besonderer Name erfunden worden ist, auf diese Weise in Stöße, läßt sie auf diesen einige Zeit liegen und wickelt sie dann mit einer Zwischenlage von Papier in Rollen.

Von den bereits bei der Dachpappenfabrikation erwähnten Patenten beziehen sich diejenigen von F. A. Malchow (D. R.-P. Nr. 3097), A. Siebel (D. R.-P. Nr. 43349), Jacobius u. Söhne (D. R.-P. Nr. 54224), E. Kanert (D. R.-P. Nr. 91809), L. Hatschek (D. R.-P. Nr. 101435) und der Filzfabrik Adlershof (D. R.-P. Nr. 107639 und 108164) in gleicher Weise auch auf die Herstellung von Asphaltisolierplatten; desgleichen auch die Angaben Kiddes (s. S. 289 u. f.), da hiernach die Anfertigung mehrlagiger Pappen auch mit Kiesbestreuung ermöglicht ist.

Über die Zugfestigkeit und Dehnbarkeit dieser verschiedenen Isoliermaterialien gibt eine Untersuchung Aufschluß, die im Auftrag der Firma Büscher u. Hoffmann an der königl. Prüfungsstation für Baumaterialien in Berlin ausgeführt worden ist und deren Resultate in nachfolgender Tabelle zusammengestellt sind:

Versuchsstück 50 cm lang, 14 cm breit	Stärke in mm	Gewicht pro Quadratmeter kg	Angewendete Belastung bis zur Zerstörung kg	Stattgehabte Dehnung bei der Zerstörung in Proz. d. Länge
Asphaltfilzplatten nach Büscher u. Hoffmann	7—13	14—18	313,5	20 Proz.
Kiesplatten (Pappplatten) v. Büscher u. Hoffmann ...	5	10	115,4	4,1 „
Dachpappe, Kl. I (00)	3,5	5	134,8	1,5 „
Siebelsche Platten mit Bleieinlage . .	4	6	105,7	3,8 „

Hieraus geht zunächst eine bemerkenswerte Überlegenheit der Asphaltfilzplatten gegenüber den anderen in Betracht gezogenen Isoliermaterialien, sowie auch die Richtigkeit der weiter oben geäußerten Ansicht über den geringen Wert einer Metalleinlage in die Isolierplatten zur Evidenz hervor.

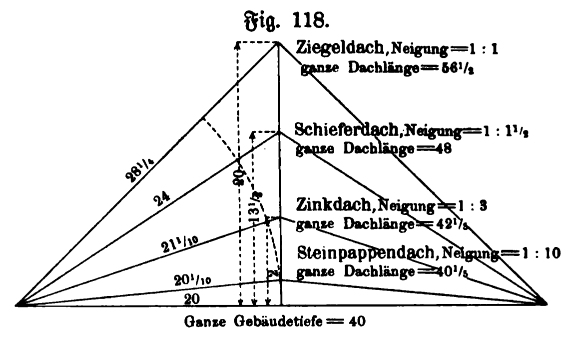
Elftes Kapitel.

Die Anwendung der Dachpappe und der Isolierplatten.

Die Dachpappe dient im allgemeinen als wasserdichtes, stationäres Deckmaterial und findet als solches ihre hauptsächlichste Anwendung, wie auch schon ihr Name besagt, in der Bauindustrie zur Dachbedeckung und zwar sowohl für sich allein (Pappdächer) wie auch in Verbindung mit asphaltartigen Materialien (Doppelpappdächer, Kiesdächer, Holzzementdächer) oder mit Ziegel und Schiefer, in welch letzterem Falle sie eine das Eindringen von Schnee und Ruß in die Bodenräume verhindernde Rolle zu spielen hat.

Im Laufe der Zeit haben sich vornehmlich drei Arten der Eindeckung mit Dachpappe ausgebildet, nämlich das einfache Pappdach, das doppellagige Pappdach und das Kiespappdach, als welches wir auch das sogen. Holzzementdach zu verstehen haben. Gegenüber anderen der üblichen Bedachungsarten haben die Pappdächer mancherlei Vorzüge aufzuweisen, als deren wesentlichste folgende anzuführen sind:

Fig. 118.



1. Ihre große Billigkeit, welche schon daraus resultiert, daß der Einheitspreis an Deckmaterial für die gleiche Dachfläche bei Dachpappe wesentlich geringer ist als bei den meisten der anderen Dachbedeckungsmaterialien. Noch größer wird die Ersparnis, wenn man das ganze Dach einschließlich der Dachkonstruktion in Betracht zieht. Büscher u. Hoffmann geben vorstehende [1]) Skizze (Fig. 118), welche die Dachneigungen, die von verschiedenen Deckmaterialien gefordert werden, und die daraus resultierenden Dachlängen ergeben. Die Dachneigung beträgt

---

[1]) loc. cit. S. 48.

für das Pappdach	1 : 10	u. erfordert bei	100 qm Grundfl.	$100^{1}/_{2}$ qm Dachfl.,
„ „ Zinkdach	1 : 3	„ „ „	100 „ „	$105^{1}/_{2}$ „ „
„ „ Schieferdach	1 : $1^{1}/_{2}$	„ „ „	100 „ „	120 „ „
„ „ Ziegeldach	1 : 1	„ „ „	100 „ „	$141^{1}/_{2}$ „ „

Steile und schwere Dächer erfordern außerdem auch eine entsprechend stärkere Holzkonstruktion, höhere und stärkere Giebelwände, Schornsteine, Dach- und Etagenwände, mithin einen Mehrverbrauch an Material. Ebenso gestattet die leichte und flache Konstruktion des Pappdaches die Herstellung von Dächern mit sehr großer Spannweite zu verhältnismäßig niedrigen Kosten.

2. Die große Einfachheit in der Ausführung und Unterhaltung, welche es gestattet, große Flächen in der denkbar kürzesten Zeit einzudecken und wieder herzustellen.

3. Die absolute Kontinuität der gesamten Fläche, durch welche das Eindringen von Regenwasser, Schnee und Ruß in die Bodenräume verhindert wird.

4. Ihre Widerstandsfähigkeit gegen den Angriff des Feuers und der Atmosphärilien, woraus sich eine große Feuersicherheit für die damit gedeckten Gebäude ergibt. Die schwere Entzündbarkeit der Dachpappe wird schon von Gilly besonders hervorgehoben und sie wird ausdrücklich anerkannt durch die Reskripte der Ministerien verschiedener Staaten, so des königl. schwedischen vom 15. Mai 1834, des königl. sächsischen vom 6. Juli 1843 usw., welche die Zulassung der Pappdächer als Surrogat für harte Dachung aussprechen.

Es mag für den ersten Augenblick befremdlich erscheinen, inwiefern ein Material, das doch in der Hauptsache aus leicht brennbaren Stoffen, wie Teer und Faserstoffen, besteht, irgend welche Feuersicherheit besitzen und gewähren kann. Bei näherer Überlegung findet man aber, daß die mineralisierte Oberfläche der Dachpappe diese sehr wohl vor der Entzündung von außen her, welche ja nur einzig und allein in Betracht kommt, zu schützen vermag. Man sieht leicht ein, daß die vollkommen geschlossene Fläche des Pappdaches auch jeden durch einen etwaigen Brand verursachten Luftzug von unten her abschneidet und dadurch die Entzündung des Gespärres und der Dachschalung erschwert und verlangsamt. Dazu kommt noch, daß das Holzwerk selbst infolge seiner leichten Konstruktion dem Feuer viel weniger Nahrung bietet als bei anderen, z. B. den sehr schweren Ziegeldächern. Man wird dabei auch nicht vergessen dürfen, daß die Pappdächer infolge ihrer geringen Neigung viel leichter zugänglich und von oben her zu verteidigen sind und besonders auch gestatten, etwaige Brände in benachbarten Gebäuden von ihrer Höhe herab zu bekämpfen.

Womöglich noch günstiger in dieser Hinsicht gestalten sich die doppellagigen Kiespappdächer und die Holzzementdächer, weil die dicke Kiesschicht derselben jede Entzündung von außen her überhaupt unmöglich macht. Sie erfordern zwar infolge ihres hohen Gewichts einen kräftigen Dachstuhl, müssen dafür aber aus technischen Gründen mit dem minimalsten Gefälle ausgeführt werden und beanspruchen daher auch die geringste Dachfläche.

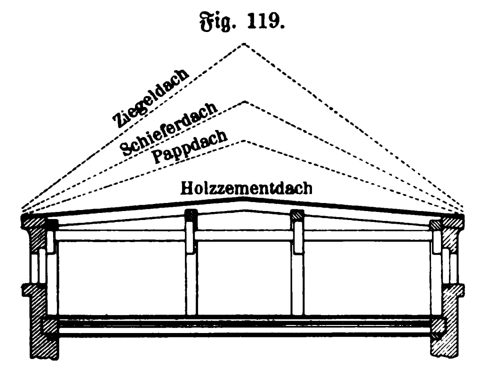
Die folgende Skizze C. F. Webers, Fig. 119, zeigt das Neigungsverhältnis und die dadurch entstehende Verminderung der Deckfläche resp. des Dachstuhles bei einem Holzzement- oder Kiespappdach gegenüber den sonst üblichen Dachdeckungen.

Bei einem Grundstücke von etwa 100 qm Grundfläche würde die zu deckende Fläche ungefähr folgende sein:

147 qm bei Ziegeldach,
118 „ „ Schieferdach,
108 „ „ Pappdach,
104 „ „ Holzzementdach.

Für das Holzzement- und Kiespappdach ergibt sich also die geringste Dachfläche, und da bei demselben namentlich auch alle Unterhaltungskosten, welche jedes andere Dach erfordert, wegfallen, so stellt sich diese Eindeckung als die weitaus billigste. Vor Dächern anderer Konstruktion bieten die Holzzement- und Kiespappdächer aber außerdem den großen Vorteil, daß sie auch noch für andere Zwecke benutzt werden können. Sie können, mit Gartenerde oder Rasen überdeckt, leicht zur Anlage von Gärten oder Erholungsplätzen herangezogen werden, was z. B. für die Bewohner großer Städte eine nicht zu unterschätzende Annehmlichkeit ist.

Fig. 119.



Derartige Dächer sind von einer fast unbegrenzten Haltbarkeit und erfordern bei sachkundiger Ausführung keinerlei Reparaturen. Infolge ihrer Undurchlässigkeit für Kälte und Wärme eignen sie sich nicht allein für Fabriken und Lagerräume aller Art, sondern in gleicher Weise auch zur Bedachung von Wohnhäusern, bei denen sie dem Architekten gestatten, sich an den Baustil Italiens und Griechenlands enger anzulehnen. Für steilere oder weittragende leichte Dächer empfiehlt sich dagegen mehr die Eindeckung mit Dachpappe und speziell das Doppelpappdach.

Ein Haupterfordernis für die Ermöglichung einer guten Eindeckung, sei es in Dachpappe oder Holzzement, ist natürlich eine gute Unterlage für die Dachfläche. Für ein gewöhnliches Pappdach kann der Dachstuhl zwar äußerst leicht hergestellt werden, muß aber in sich und mit dem Mauerwerke oder sonstigem Unterbaue so fest verbunden sein, daß weder ein Lostrennen oder Durchbiegen, noch Abheben durch Sturm stattfinden kann. Die Entfernung der Sparren soll von Mitte zu Mitte 0,80 bis 1 m betragen. Die Schalung muß aus trockenen, 20 bis 25 mm starken, nicht zu breiten, tadellosen Brettern von gleicher Stärke bestehen, die nicht bloß gut gesäumt, sondern gefügt oder am besten mit Nut und Feder versehen sein müssen.

Das Gefälle eines Pappdaches kann zwar in sehr weiten Grenzen schwanken und es sind fast alle sonst benutzten Verhältnisse zulässig, das beste Gefälle ist aber 1 zu 3 bis 1 zu 5, d. h. auf 1 m Sparrenlänge 20 bis 33 cm Fall.

Für Holzzement- und Kiespappdächer muß der Holzverband der Dachkonstruktion entsprechend dem höheren Gewicht natürlich kräftiger und stärker sein; es ist bei der Konstruktion darauf Rücksicht zu nehmen, daß derartige Dächer begangen werden und zu anderweitiger Benutzung zu dienen haben. Die Dachschalung kann daher nicht auf Sparren, sondern sie muß auf Balken zu liegen kommen, denen unter Umständen die gleiche Belastung, wie in bewohnten Räumen dem Fußboden zugemutet wird. Diese Unterstellung ist maßgebend für die Berechnung der statischen Momente der Konstruktion. Auch die Dachschalung muß mindestens die Stärke der Fußbodendielen haben und ist gleich diesen durchgehends zu spunden, damit die Pappen- oder Papierlagen bei etwaigem Werfen einzelner Schalbretter nicht beschädigt werden.

Die Neigung der Holzzement- und Kiespappdächer soll etwa 1:15 bis 1:20 betragen, woraus sich ein Gefälle von 5 bis 6,6 cm für 1 m Balkenlänge ergibt.

Beim Verschalen der Dachfläche ist in allen Fällen darauf zu achten, daß keine vorstehenden Kanten an den Stoßfugen verbleiben und auch alle sonstigen Unebenheiten der Schalung vor dem Eindecken sorgfältig entfernt werden. Die Ausführung der Pappeindeckung kann ebensowohl auch auf einem gestreckten Windelboden zwischen den Sparren ausgeführt werden, der sorgfältig geglättet ist und unter Umständen billiger als Bretterschalung zu stehen kommt. Er bietet sogar den weiteren Vorteil, die Temperatur der Bodenräume viel gleichmäßiger zu halten, als dies bei der dünnen Bretterschalung möglich ist. Holzzement- und Kiespappeindeckungen, welche auf der Schalung nicht befestigt werden, und somit den Vorteil besitzen, von den Bewegungen derselben unabhängig zu sein, können auf jeder beliebigen Unterlage, wie Kiesbeton, Gipsdielen usw., ausgeführt werden.

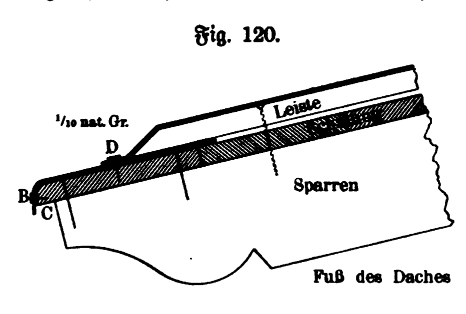
Diese allgemeinen Bemerkungen vorausgeschickt, wollen wir jetzt auf die Ausführung der in Rede stehenden Eindeckungen, soweit dies für das Verständnis erforderlich ist, näher eingehen. Diese ist für die einfachen oder besser gesagt einlagigen Pappdächer so einfacher Natur, daß sie von jedem geschickten Handarbeiter ohne Schwierigkeiten bewerkstelligt werden kann. Für die Eindeckung mit Pappe auf Leisten gibt C. F. Weber folgende Anleitung:

„Längs der Traufe des Daches ist zunächst der sogenannte Fuß, ein aus möglichst wenig Stücken bestehender Pappstreifen, aufzulegen, der bei *B*, siehe Fig. 120, in 50 mm weiten Abständen zu nageln ist. Als Hauptregel halte man hierbei fest, daß kein Nagel anders in ein Brett geschlagen wird, als in die Mittellinie zwischen den Befestigungsstellen desselben. Bei *C* muß der Pappstreifen mindestens 10 mm, in speziellen Fällen je nach Bedarf mehr über die untere Brettkante vorstehen.

„Danach sind die Leisten am Ober- und Unterende, wie in Fig. 120 und Fig. 121 (a. f. S.) ersichtlich, abzuschärfen und so aufzuschlagen, daß die Enden

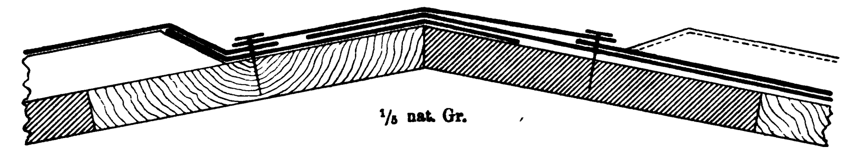
von der Mitte des obersten und untersten Brettes, auf welche die Nagelreihen der Pappen zu liegen kommen sollen, um 15 mm zurückstehen. Die Leisten, deren Querschnitt durch Fig. 122 in $^1/_5$ nat. Größe dargestellt ist, sind möglichst auf die Mitte der Sparren in 1 m Abstand von Mitte zu Mitte mit 90 mm langen Nägeln in 0,30 bis 0,40 m Abstand aufzunageln; speziell die Randleisten sind in gleicher Weise, aber mit der einen schmalen Seite aufliegend, am Ende des Daches anzuschlagen. Zwischen die so aufgeschlagenen Leisten ist die Pappe einzulegen, in den Ecken bei *D* mittels Streichen mit dem Hammer nach ein und derselben Richtung gut einzudrücken und auf die Leisten in 300 mm Entfernung zu heften.

Fig. 120.



„Die Länge dieser Pappfelder nehme man bis zu 10 m, die Seitenfelder und die auf überstehenden Dachteilen liegenden Stücke kürzer, um etwaigem Sturmschaden zu begegnen. Jede entstehende Naht lege man immer auf die Mitte eines Brettes und überdecke die untere Lage durch die obere um mindestens 100 mm.

Fig. 121.

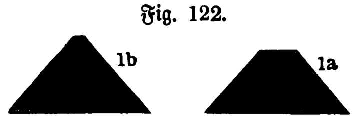


Durchschnitt an der Leiste — Durchschnitt zwischen Leisten

„Alle Pappen klebe man an den Stößen aufeinander und nagele sie in 50 mm Entfernung fest, auch müssen die letzten Nägel 25 mm von den Leisten entfernt bleiben.

„Alle Pappstreifen, welche die Stöße der Pappen an den Leisten überdecken, sind mittels Asphaltkitt gut aufzukleben, wobei jeder höher liegende den unteren 50 mm überdeckt und in 70 mm Entfernungen in der Mitte der Leiste zu nageln ist.

Fig. 122.

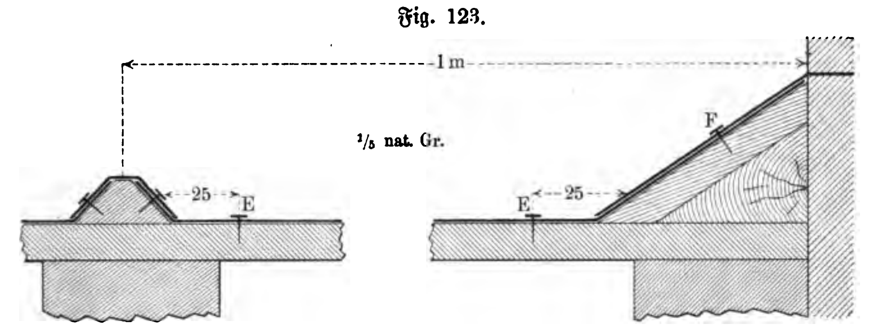


„Bei Satteldächern müssen sich die Papplagen am First (Fig. 121) von jeder Seite her um etwa 100 mm überdecken, sind aufeinander zu kleben und mit einem etwa 250 mm breiten Firstenstreifen zu überkleben, der längs der Mitte der oberen Bretter in 50 mm Abständen genagelt wird.

„Überall da, wo Mauerwerk oder ein sonstiger Aufbau im oder am Dache vorkommt, Fig. 123 bei *F*, sind zunächst Holzkehlen von mindestens 100 mm Höhe und 150 mm Breite anzubringen.

„Von der Traufseite gegen solche Kehlen laufende Leisten läßt man an dieselben anstoßen, während von oben anlaufende 0,50 bis 0,80 m von den Kehlen entfernt bleiben müssen. Das Stück Dach ohne Leisten ist mit einem entsprechenden Querstück zu bedecken. Bei zweiseitig abfallenden Kehlen setzt

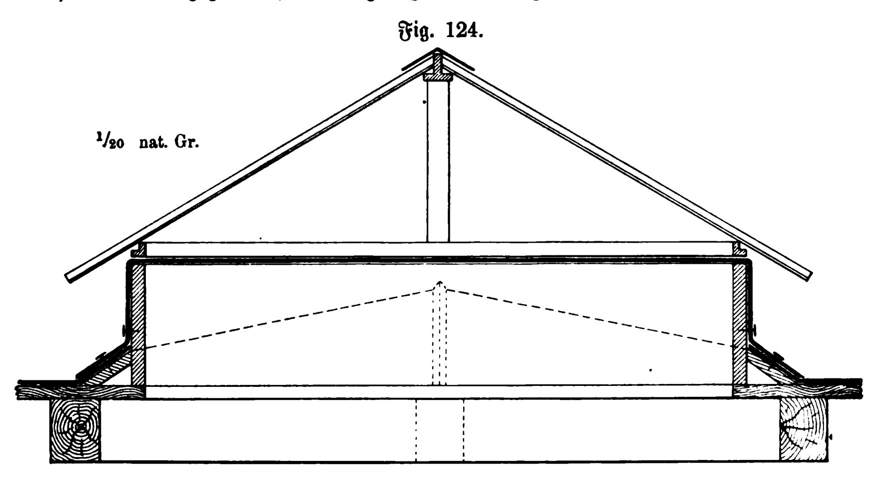
Fig. 123.



Randfeld und Anschluß.

man deren Spitze eine Leiste an. Die Pappe von den anstoßenden Feldern muß auf diese Holzkehlen hinaufdecken und ist dann durch einen Deckstreifen, der in eine passende Fuge gehörig tief einzuschieben und festzukeilen ist, zu überdecken, außerdem gut zweireihig zu nageln. Bei Holzverkleidungen an dergleichen Dachdurchbrechungen kann erforderlichen Falles der Pappdeckstreifen ohne weiteres gegen dieselben angenagelt und aufgeklebt werden.

Fig. 124.



„Außer auf guten Schluß des Deckstreifens ist immer mit darauf zu sehen, daß nicht Wasser oberhalb desselben, wie z. B. an Glasscheiben von Oberlichtfenstern usw., zurücktreten kann.

„Eiserne Dachfenster, wie dergleichen für Schieferdächer verwendet werden, können nur auf steileren Dächern direkt auf der Schalung liegend eingedeckt werden, während sie sonst besser auf besonderen Zargen liegen müssen.

„Oberlichtfenster müssen, um Undichtheiten zu vermeiden, eine starke Neigung erhalten und werden bei großen Dimensionen am besten wie in Fig. 124 hergestellt.

„Rinnen bei Pappdächern können hauptsächlich zweierlei Art sein.

„Zinkrinnen eignen sich hier nur als freie unter dem Dache hängende (als einfachste und beste Art) oder, wie in Fig. 125 ersichtlich, mit einem Schenkel auf dem Dache liegend.

„Solche Rinne muß in kräftigem, in die Schalung eingelassenem und gegen die Sparren vernageltem Eisen liegen, bei *H* ist dieselbe mit dem verhältnismäßig schmalen Schenkel niederzunageln. Hauptsache ist, daß sie an der Schalung allenthalben fest an- und aufliege.

Fig. 125.

„Die Eindeckung erfolgt ganz in der Art, wie bei dem einfachsten Dache, der Fuß ist auf die Rinne aufzukleben und darf auf das Zink nicht genagelt werden.

„Papprinnen auf dem Dache liegend sind sehr vorteilhaft und praktisch. Der Fuß *A B*, Fig. 126 bis 128, wird hier 1 m breit gelegt, auf denselben legt man mit entsprechendem Fall die Rinnenleiste *C*. Für die meisten Fälle ist eine gewöhnliche dreikantige Leiste genügend, auf steilen Dächern mit der rechtwinklig aufstehenden Seite nach oben liegend. Von *C* aus legt man den Rinnenstreifen *CD*, dessen Kante *D* mit der Kante *B* des Fußes parallel

Fig. 126.

Papprinne auf dem Dache liegend. Durchschnitt.

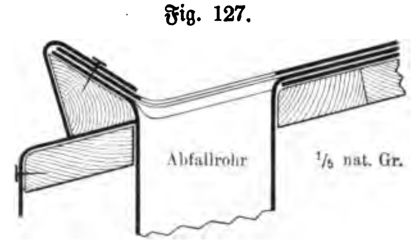
laufen muß. Die Leiste *C* wird durch einen aufzuklebenden Streifen verdeckt. Die gewöhnlichen Leisten greifen mindestens 100 mm und so weit auf den Rinnenstreifen, daß die Nagelreihe der aufzulegenden Papplagen in die Mitte eines Schalbrettes zu liegen kommen. Das Zinkabfallrohr erhält einen Flausch, welcher wie bei Fig. 127 auf die untere Papplage aufgeklebt und genagelt wird. Die obere Pappe wird dann nur geklebt.

„Wenn zur Erzielung eines gehörigen Falles der Rinne die durch den 1 m breiten Fuß zugelassene Neigung nicht ausreicht, so muß schließlich ein 2 m, 3 m usw. breiter Fuß gelegt werden.

„Kehlen auf Pappdächern können auf zweierlei Art eingedeckt werden. Erstens so, daß nach Legung des gewöhnlichen Pappfußes die Kehle mit einer

$^1/_2$ m breiten Bahn aus Dachpappe ausgelegt, und auf die Mitte dieser Bahn zunächst die Kehlleiste geschlagen wird; dann erfolgt, wie gewöhnlich, das Aufschlagen der Leisten, wobei zu beachten ist, daß das Ende jeder Leiste längs der Traufe mindestens 30 cm von der Kehlleiste entfernt bleiben muß, da durch dieses Verfahren sich die eigentliche Kehle bildet. Letztere wird nun mit sogenannten Querstücken von 1 m Breite parallel zur Traufe von Leiste zu Kehlleiste befestigt, bzw. auf die Kehlbahn mittels Asphaltkitt geklebt (das Nageln in Kehlen ist durchaus zu vermeiden), worauf nun die Eindeckung des Daches in üblicher Weise erfolgt.

Fig. 127.



Zinkeinlauf an der Papprinne.

„Die andere Art, welche nur bei flachen Dächern zu empfehlen ist, erfolgt unter Weglassung der Kehlleiste, d. h. es wird wie oben die Kehle zunächst mit $^1/_2$ m breiter Pappbahn ausgeschlagen, diese mit einer dergleichen $^3/_4$ m breit überdeckt, bzw. überklebt und mit Legung der Querstücken mit 12 cm Überdeckung der 1 m-Bahnen fortgefahren.

„In beiden Fällen sind die Kehlen doppelt eingedeckt. Einfache Kehlen lassen sich ihrer geringen Haltbarkeit halber nicht empfehlen."

Das einfache Pappdach mit glatter Eindeckung, also ohne Leisten, wird hergestellt, indem man die Papprollen parallel zur Traufe in zulässig

Fig. 128.

1/100 nat. Gr.

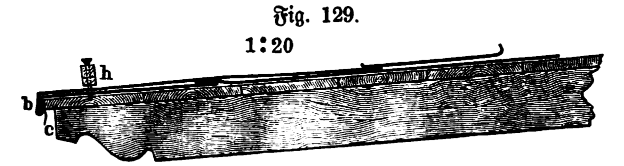
Papprinne auf dem Dache liegend. Grundriß.

längsten Stücken zwischen die Rand- und Kehlleisten einlegt und die Pappe nirgends, außerhalb der Mitte der Schalbretter, festnagelt. Die Längsstöße der Pappe sind 10 cm zu überdecken, die untere Lage in 50 mm Abstand zu nageln und die obere Lage mit Asphaltkitt auf diese aufzukleben, so daß alle Nägel mit Pappe überdeckt sind. Man vermeidet nach Möglichkeit Querstöße, oder überdeckt dieselben mindestens 10 cm breit, klebt die Pappe gut aufeinander und nagelt die untere Lage entweder gar nicht, oder höchstens an den Kreuzungen auf der Mitte der Schalbretter. Im übrigen erfolgt die Ausführung ganz wie nachstehend für die Herstellung von Doppelpappdächern angegeben.

Für die Ausführung von **Doppelpappdächern** verfahren **L. Haurwitz u. Co.** wie folgt: „Die Eindeckung wird ausgeführt mit Lederpappe als erste (untere) Lage und mit Klebepappe als zweite (obere) Lage, welche mit Asphaltkitt gut verklebt werden.

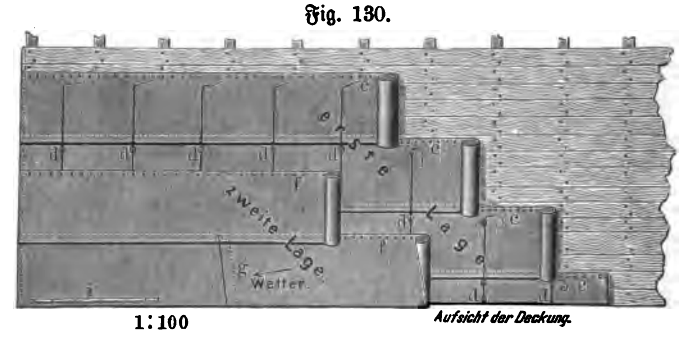
„Mit einer der Länge nach geteilten Bahn (0,5 m breit) Lederpappe beginnt man die Arbeit an der Traufkante, indem man diese an der Vorderkante des Traufbrettes einfach umbiegt (Fig. 129 bei *b*), mit der Unterkante derselben gleichlegt und den auf der Schalung liegenden Rand in Entfernungen von je 8 bis 10 cm mit Pappnägeln festheftet (Fig. 122 bei *c*). Sodann wird eine zweite Bahn Lederpappe, aber in ganzer Breite aufgebracht, welche

Fig. 129.



die halbe Bahn mit 6 bis 8 cm überdeckt und an der oberen Seite wie die letztere auf der Schalung festgenagelt, an der unteren Seite dagegen mit Asphaltkitt auf der ersten Bahn befestigt wird. In gleicher Weise werden auch alle folgenden Lagen aufgebracht. Ist die ganze Dachfläche in einfacher Lage auf diese Weise fertiggestellt, so beginnt man mit dem Aufbringen der Sicherheitsdrähte, welche die Papplage vor der Wirkung von unten eindringenden Windes

Fig. 130.



schützen soll. Man verwendet dazu gewöhnlichen, ausgeglühten Draht, wie solcher zur Ausführung von Wandverputz gebraucht wird und verfährt wie folgt:

„Von einem Giebelende anfangend werden in Abständen von 1 m diese Drähte von der Traufe bis zum First gezogen und ihre Befestigung auf der Dachfläche geschieht am besten mit verzinnten Schiefer- oder auch gewöhnlichen Schloßnägeln, auf welche man vor dem Einschlagen runde Plättchen aus Leder oder Pappe von 15 bis 20 mm Durchmesser schiebt. Diese haben den Zweck, ein Durchrutschen der Pappe bei zu hartem Einschlagen der Nägel oder infolge des Windes zu verhüten. Vor dem Anziehen dieser Nägel wickelt man den Draht mit einer Schleife um dieselben und schlägt den Nagel endgültig fest; die Entfernung dieser Nägel untereinander in der Drahtrichtung

beträgt etwa 1 m und es werden dieselben stets unterhalb der geklebten Fügung gesetzt, Fig. 130 bei *ddd*.

„Mit Aufbringung der zweiten Lage Klebepappe beginnt man wieder an der Traufkante (in ganzer Breite), und zwar wird die untere Seite zweimal gebrochen und die erste Falte zwischen Traufbrettvorderkante und Lederpappe geschoben, Fig. 129 *c*, demnächst mit Nägeln in Abständen von 4 cm befestigt; die Lederpappe (untere Lage) wird in Breite der sie bedeckenden Klebepappe mit erwärmter Klebemasse gestrichen und dann die Bahn durch Andrücken auf die untere Lage gehörig festgeklebt. Die obere Seite der aufgeklebten Bahn heftet man genau wie die Unterdeckung, Fig. 130 *f*, auch das weitere Deckverfahren ist genau dasselbe wie bei der Unterlage, nur mit dem Unterschiede, daß man diese Lage in ihrer ganzen Fläche auf die erstere klebt. Die Quernähte in den Bahnen der zweiten Decklage werden schräg angelegt und darauf gesehen, daß die der Wetterseite zunächst liegende Bahn die überdeckende ist, Fig. 130 *g*.

„An den Giebeln geschieht die Befestigung der Doppeldeckung durch Anheften mit Nägeln an die zu diesem Zweck auf der Schalung befestigten vorgeschriebenen dreieckigen Leisten; eine Kappe von Dachpappe deckt sodann diese oder bewirkt auch den Anschluß an die Mauern des Nebengebäudes in üblicher Weise (durch Eintreten der Kappe in eine Mauerfuge und Befestigen mit Putzhaken). Ist die ganze Dachfläche, wie vorstehend beschrieben, doppelt eingedeckt, so wird dieselbe einmal mit erwärmter Klebemasse recht gleichmäßig überzogen und mit fein gesiebtem Sande überstreut.“

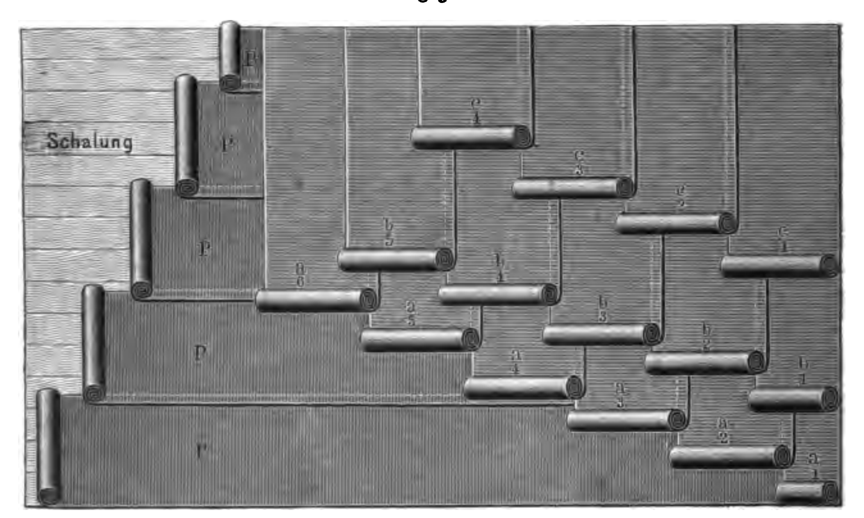
Die Konstruktion der Doppelpappdächer wurde von C. F. Weber dadurch bedeutend verbessert, daß er die untere Papplage durchweg von der Traufkante aufwärts in nur halben Bahnen ausführt und dadurch einen festeren Zusammenhang der Dachfläche mit der Schalung erzielt. Dementsprechend erfolgt auch das Einbinden in Draht in Abständen von nur je 50 cm. Die einzelnen Drähte laufen diagonal von jeder Giebelseite des Daches und überspinnen die ganze Dachfläche mit einem rautenartigen Netz. Die zweite Lage der Pappe wird in ganzen Bahnen senkrecht zur ersten Lage und zur Traufe wie vorstehend aufgeklebt.

Wesentlich komplizierter und nur durch geübte, professionelle Dachdecker ausführbar ist die Konstruktion der Holzzementdächer, welche nach Carl Züllich wie folgt geschieht:

„Auf die schon früher genau beschriebene, vollständig ebene Dachschalung wird eine 6 mm starke Lage feiner Sand oder guter Asphaltdachpappe nicht wie bei den Pappdächern winkelrecht zur Traufkante, sondern parallel derselben möglichst glatt ausgebreitet, um die darauf zu bringende Holzzementeindeckung von der Schalung zu isolieren. Diese Papplage wird mit heißer Holzzementmasse dick eingestrichen und darauf winkelrecht die erste Lage Papier, mit einer halben Lage beginnend und 10 bis 15 cm breiter Überdeckung an den Rändern, gelegt. Es ist dies die in Fig. 131 (a. f. S.) mit $\frac{a}{1}\ \frac{a}{2}\ \frac{a}{3}$ bezeichnete Lage. Diese Lage wird zur Vermeidung des Aufbauschens durch den Wind an den Trauf- und Giebelkanten mit gewöhnlichen Pappnägeln angeheftet und dann abermals mit

Holzzementmasse eingestrichen. Hierauf wird die zweite Papierlage im sogen. Verbande, d. h. also mit einer dreiviertel Papierbreite beginnend, in Fig. 131 mit $\genfrac{}{}{0pt}{}{b}{1}\ \genfrac{}{}{0pt}{}{b}{2}\ \genfrac{}{}{0pt}{}{b}{3}$ bezeichnet, gelegt, wie vorher verfahren und endlich die vierte Lage $\genfrac{}{}{0pt}{}{c}{1}\ \genfrac{}{}{0pt}{}{c}{2}\ \genfrac{}{}{0pt}{}{c}{3}$ aufgelegt und dann die ganze Dachfläche abermals mit Holzzement überzogen. Die einzelnen Papierlagen sind immer glatt auszubreiten und entstandene Blasen mittels einer weichen Bürste zu glätten oder mit der Hand nach den Rändern hinzutreiben. Das Begehen der einzelnen Papierlagen ist

Fig. 131.



nur auf das Notwendigste zu beschränken und sind deshalb die einzelnen Lagen stückweise, möglichst hintereinander, aufzubringen und nicht das ganze Dach mit den einzelnen Lagen zu belegen.

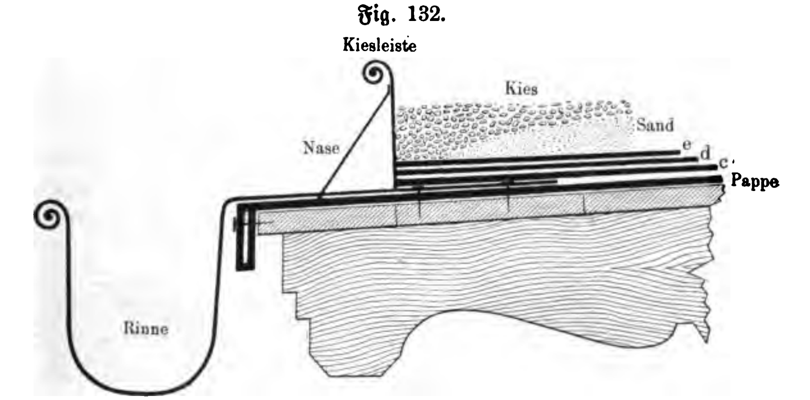
„Unmittelbar auf den letzten Holzzementüberzug wird eine etwa 3 bis 4 cm hohe Schicht von feinem, etwas lehmhaltigem Sande aufgebracht und auf diesen eine 3 bis 5 cm starke Kiesschicht, welche leicht gewalzt werden muß, damit sie fest auf dem Sande auflagert.

„An den Traufkanten wird das Holzzementdach durch Zinkleisten befestigt, welche, da dieselben frei stehen und die Last der Kiesschicht zum Teil zu tragen haben, von Zink Nr. 15 gefertigt werden müssen. An seiner Stelle werden auch 7 cm hohe und 5 cm breite Leisten von geschnittenem Eichenholz genommen, welche unten in Entfernungen von 20 bis 30 cm Ausschnitte 5 cm lang, 4 cm hoch erhalten, um dem Traufwasser Durchgang zu gewähren.

„Zur Ableitung des Wassers wird vor der Traufkante eine Dachrinne von Zink angebracht, welche entweder auf dem Hauptsims aufliegt oder mit Rinneisen an die Sparrenköpfe befestigt ist.

„Die Rinne erhält einen sogen. Dachfuß, welcher etwa 15 bis 20 cm auf das Dach und über die Papplage greift und an der Schalung durch Pappnägel befestigt ist; die drei Papierlagen *cde* (Fig. 132) werden, wie oben angedeutet, winkelrecht zur Traufkante nach der First zu darübergelegt und mit der Traufkante bündig abgeschnitten. Längs der Traufkante wird die Kiesleiste von durchbrochenem Zink (Fig. 133) mit den Nasen direkt auf den Dachfuß

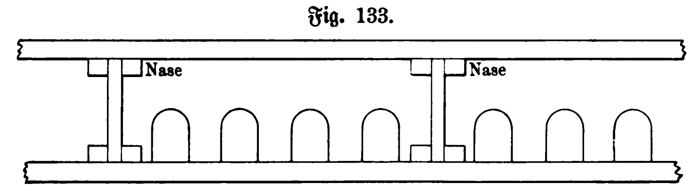
Fig. 132.



aufgelötet und mit einer etwa 15 cm breiten Kiesschicht hinterschüttet, welche das Wasser besser ablaufen läßt als Sand, der auch leicht bei starkem Regen durchgespült werden könnte.

„Zum Anschluß des Holzzementdaches an die über das Dach hinausragenden Brandmauern oder Schornsteine dienen Zinkblechstreifen, welche sowohl 15 cm über die Dachfläche, als auch an dem Mauerwerk in die Höhe greifen und in dessen Fugen durch Mauerhaken und Zement befestigt sind. Auf diese Zink-

Fig. 133.



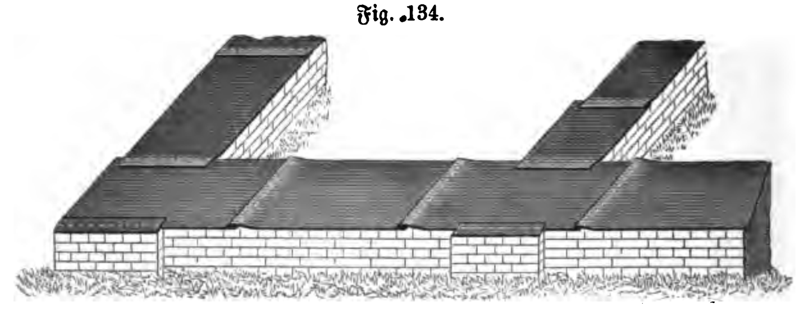
blechstreifen setzen sich die drei Lagen Papier, wie oben erwähnt, fest. Es wird dadurch vermieden, daß die Sand- und Kiesschichten mit dem Mauerwerk in Berührung kommen und auch das Spritzwasser dieses erreicht.

„Noch notwendiger als wie bei den Pappdächern ist es, daß die Herstellung eines Holzzementdaches nur bei trockener und warmer Witterung vorgenommen wird, es darf auch dabei nicht stürmisch sein. Durch den Wind bauschen sich die Papierlagen auf und werden oft zerrissen; sind dieselben durch Regen naß geworden, so dehnen sie sich stark aus, werden faltig und der Holzzementanstrich haftet nicht, weil er die Papierlagen nicht durchtränken kann wodurch letzteren die Verbindung untereinander mangelt und das Dach in der Folge leicht schadhaft wird.

„Durch die Sonnenwärme wird der Holzzement erweicht und kann bei größerer Dachneigung unter der Sandschicht ablaufen. Daher ist die Konstruktion des Daches mit einer Neigung von 1:20 zu machen; die Sparren müssen, weil die Last des Holzzementdaches inkl. Schnee- und Winddruck etwa 210 kg pro Quadratmeter beträgt, ebenso unterstützt werden wie bei den Ziegeldächern und sind in ihrem Querschnitt mindestens 16 cm hoch und 12 cm breit zu machen. Dem entsprechend erhalten die Pfetten angemessene Stärken.

„Sehr häufig werden die Holzzementdächer als Decken der oberen Etagen benutzt und zu diesem Zwecke die Sparren unten verschalt, berohrt und geputzt. Dadurch wird der zwischen dem Dach und der Zimmerdecke befindliche Zwischenraum fast hermetisch abgeschlossen und es kann ein Luftwechsel beinahe gar nicht stattfinden, wodurch das Holzwerk schon nach Verlauf von wenig Jahren verstockt und in sich zusammenbrechen kann. Dieser schnellen Zerstörung kann nur dadurch vorgebeugt werden, daß man den Zwischenraum ventiliert und für einen

Fig. 134.



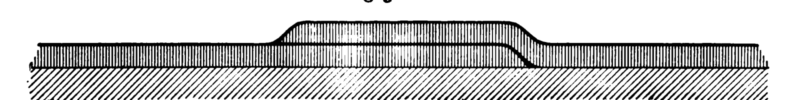
fortwährenden Luftwechsel in demselben Sorge trägt. Dies geschieht am besten dadurch, daß man den Zwischenraum nach Bedarf von seinen höchsten Punkten mit Luftessen und zur Erzeugung des Gegenzuges an den Front- und Giebelmauern mit Ventilationslöchern versieht."

Mit Vorteil ersetzen Büscher und Hoffmann die Holzzementdächer durch sogen. Kiespappdächer, welche bedeutend einfacher in der Ausführung bei mindestens gleicher Güte und Dauerhaftigkeit sind. Die Eindeckung erfolgt bei dem für Holzzement üblichen Gefälle der Dachfläche mit zwei Lagen Pappe, wie bei der Beschreibung des Doppelpappdaches angegeben; das Festheften der unteren Lage der Pappe auf der Schalung erfolgt nur durch wenig Nägel am oberen Rande und der Drahtschutz fällt fort, weil die Belastung der Dachfläche durch die Kiesschicht diesen überflüssig macht. Der Anschluß an Mauerwerk oder auf dem Dachfuß erfolgt wie beim Holzzementdach und in gleicher Weise werden auch die doppellagigen Kiespappdächer mit einer Kiesleiste versehen. Büscher und Hoffmann empfehlen für die Ausführung derartiger Dächer in erster Linie Asphaltisolierplatten, über deren anderweitige Verwendung in der Bauindustrie wir den Veröffentlichungen dieser Firma noch das Folgende entnehmen.

„Die Asphaltisolierplatten finden eine ausgedehnte Anwendung zur Abdeckung von Brücken, Kellereien und sonstigen Gewölben, sowie zur Isolierung

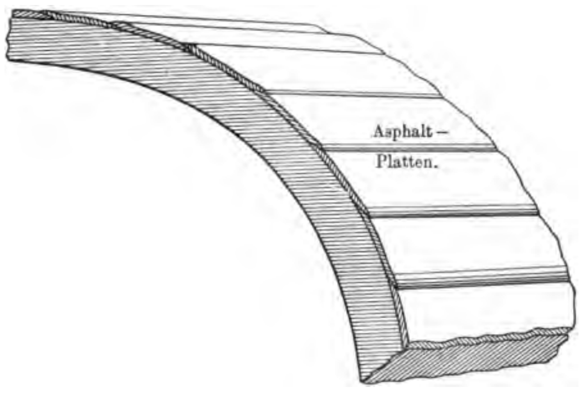
der Fundamentmauern von Gebäuden anstatt der früher üblichen, durch gewöhnlichen Asphaltestrich hergestellten Isolierschicht. Bei der Isolierung von Fundamentmauern werden die Platten ohne weiteres, wie Fig. 134 zeigt, derartig auf

Fig. 135.



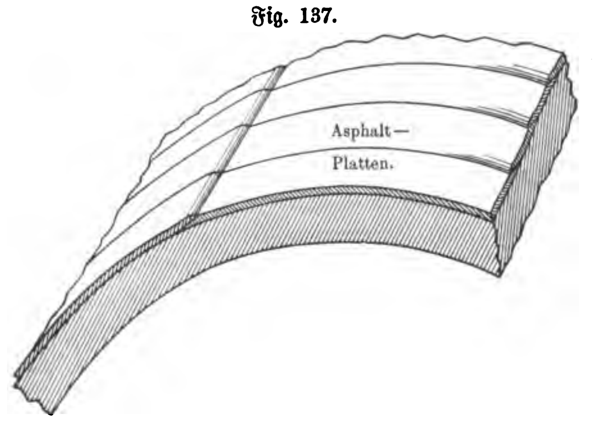
die Mauern gelegt, daß sich die Enden etwa 5 cm weit überdecken. Letztere noch durch dazwischen gestrichenen heißen Asphalt besonders zu dichten, ist nicht

Fig. 136.



erforderlich, da schon der bedeutende Druck der über ihnen aufgeführten Mauern eine innige Verbindung der übereinanderliegenden Plattenenden bewirkt.

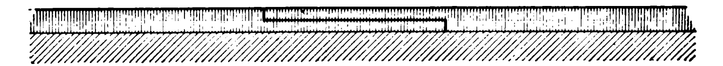
Fig. 137.



„Diese Isolierungsweise bietet den Vorteil, daß die Isolierung in jedem Augenblicke und ohne jede weitere Vorbereitung durch die Bauleute selbst äußerst schnell bewirkt werden kann, so daß die sonst so lästige Unterbrechung der

Maurerarbeiten gänzlich in Wegfall kommt. Außerdem ist diese Isolierung billiger und besser als der — gewöhnlich mit sehr geringem Material ausgeführte — Asphaltestrich, — welcher oft blasig, also undicht ist, während die Platten absolut undurchdringlich sind und auch dann noch eine wirksame Isolation gewähren, wenn sich einzelne Gebäudeteile setzen, da sie vermöge ihrer Biegsamkeit und Dehnbarkeit solchen Bewegungen des Mauerwerks zu folgen vermögen, ohne ihre Kontinuität zu verlieren. Für den Zweck der Isolierung von Fundamentmauern Asphaltplatten mit Einlage aus Dachpappe zu ver-

Fig. 138.

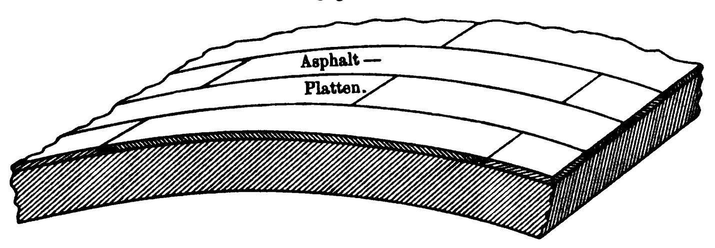


wenden, welche nur geringfügige Dehnbarkeit haben, ist nur bei solchen Bauten zulässig, bei welchen ein Setzen und demzufolge ein Reißen der Mauern nicht zu fürchten ist.

„Beim Abdecken von Gewölbeflächen aller Art geschieht das Verlegen der Platten in der Weise, daß die einzelnen Platten auf die von Unebenheiten möglichst befreite, abzudeckende Fläche gebracht werden, so daß sich ihre Ränder 7 bis 10 cm weit überdecken und werden diese mittels erhitzten dazwischen gestrichenen Asphaltkittes fest aneinander geklebt.

„Hierauf wird der Stoß (die Überlappung) mittels eines 6 bis 8 kg schweren, an eiserner Stange befindlichen warmen Eisens derart überbügelt,

Fig. 139.



daß sich die Plattenränder erwärmen, fest aneinander schmiegen und sich unlöslich verbinden. Damit ein Backen der Platten am warmen Eisen verhindert wird, überstreut man die ganze Fuge vorher reichlich mit trockenem Sand. Nach geschehenem Anbügeln wird der Stoß nochmals mit steifem Asphalt überstrichen.

„Bei Tunnels, wo Feuer nicht angewendet werden kann, wird die Verbindung der sich überdeckenden Ränder durch einen flüssigen Asphaltkitt bewerkstelligt.

„Die ganze Oberfläche der Platten kann schließlich noch mit einer dünnen Asphaltschicht überzogen werden.

„Wesentlich erleichtert wird das Verlegen der Asphaltplatten durch ihre Biegsamkeit (welche durch gelindes Anwärmen noch bedeutend erhöht werden kann) und vermöge derer sie mit Leichtigkeit über die verschiedenartigst gestalteten Flächen gespannt werden können.

„Auf die vorgeschriebene Weise nun werden die Platten miteinander zu einer großen kontinuierlichen zähen Platte vereinigt, die sich gleich einer biegsamen Haut über die abgedeckte Fläche legt und von etwaigen Erschütterungen derselben gänzlich unabhängig ist.

„Es ist, wenn auch wünschenswert, so doch nicht durchaus nötig, daß sich die Unterlage für die Platten in vollkommen trockenem Zustande befindet; es ist vielmehr für die Ausführung wenig störend, wenn dieselbe feucht oder naß ist, da das Verlegen der Platten unabhängig davon bleibt, wenn mit einiger Vorsicht verfahren wird.

„Es erhellt aus Vorstehendem, daß diese Platten von jedem einigermaßen verständigen Arbeiter verlegt und in dichten Verband gebracht werden können."

Die beigefügten Fig. 135 bis 139 (a. S. 315 u. 316) zeigen die Art der Verlegung der Asphaltisolierplatten; bei den Abbildungen Fig. 135 bis 137 handelt es sich um die in der gewöhnlichen Weise hergestellten Platten, während Fig. 138 und 139 Platten mit Falz betreffen. Man erkennt leicht die Vorteile, welche die letzteren bei Gewölben mit geringer Neigung für den Wasserabfluß bieten, weil bei ihrer Anwendung jegliche Erhöhung auf der Isolierschicht und dadurch ein Stehenbleiben von Wasser auf denselben vermieden wird.

Zwölftes Kapitel.

Anderweitige Verwendung des künstlichen Asphalts.

In dem vorliegenden Kapitel fassen wir alle jene Fabrikationen zusammen, bei welchen der künstliche Asphalt in irgend einer Form eine Rolle spielt. Wir nehmen dabei Abstand von solchen Fabrikationen, welche, wie z. B. die Brikett- oder Preßkohlenfabrikation, obgleich sie einen großen Konsum an künstlichem Asphalt aufzuweisen haben, doch mit der Asphaltindustrie im eigentlichen Sinne des Wortes nicht im Zusammenhang stehen. Eine nicht unbedeutende Verwenduug findet der künstliche Asphalt zunächst zur Herstellung der sogenannten

Asphaltröhren,

welche zur Ausführung von Kanalisationen, Wasser-, Gas- und Windleitungen, Ventilationsschächten usw. eine weitgehende Anwendung finden. Die bekannten Eigenschaften des Asphalts, seine absolute Undurchlässigkeit für Gase und Flüssigkeiten, seine Elastizität und Leichtigkeit, seine Widerstandsfähigkeit gegen den Einfluß chemischer Agentien sowie sein schlechtes Wärmeleitungsvermögen legten schon zu Anfang des vorigen Jahrhunderts, als die Asphaltindustrie durch die Bemühungen des Grafen von Sassenay einen erneuten Aufschwung nahm, den Gedanken nahe, dieses schätzbare Material auch zur Herstellung von Leitungsröhren aller Art zu verwenden.

Die ersten Versuche, welche in dieser Richtung angestellt wurden, ergaben viel versprechende Resultate, wenngleich sie auch in mancher Hinsicht noch vieles zu wünschen übrig ließen. Damals erzeugte man solche Röhren aus Asphaltmastix, den man in geschmolzenem Zustande in Formen goß; man war dabei genötigt, um den Röhren die nötige Widerstandsfähigkeit gegen Druck und Stoß zu geben, die Wandstärke derselben beträchtlich groß zu nehmen. Trotzdem stellte sich aber bald der Mißstand ein, daß derartige Röhren unter dem Einfluß der Wärme deformiert und bald unbrauchbar wurden.

Dieser Mißerfolg brachte Chameroi[1]) auf den Gedanken, die Widerstandsfähigkeit der Röhren gegen Wärme dadurch zu erhöhen, daß man den-

---

[1]) Deutsche Allgem. Polyt. Ztg. 1878, S. 261.

selben einen schwachen Kern von Eisenblech gibt, auf welchen die geschmolzene Asphaltmasse aufgetragen wird, so daß sie denselben vollkommen umkleidet. Mit diesen Röhren hat die Firma Chameroi u. Co. große Erfolge erzielt, nachdem es ihr gelungen war, dieselben in der Leuchtgasindustrie zur Ausführung der im Boden liegenden Hauptleitungsstränge einzuführen. Der Einführung derselben für die Zwecke der Wasserversorgung von Städten usw. stand nur der Umstand im Wege, daß ihre Konstruktion dem Druck der Wasserleitungen im allgemeinen nicht gewachsen war. Seitdem die Erfinder aber dazu übergegangen sind, den Röhren für diesen Zweck an Stelle der dünnen Blecheinlage eine solche von widerstandsfähigem Stahl zu geben, ist auch diese Schwierigkeit überwunden und sie erzeugen heute Röhren, welche einen Druck von 12 bis 20 Atmosphären aushalten und sich daher zur Ausführung von Wasserleitungen ganz vorzüglich eignen.

Die Anfertigung dieser Röhren, welche in den verschiedensten Längen, Durchmessern und Formen hergestellt werden, erfolgt in der Weise, daß man den Kern aus Eisen- oder Stahlblech mit einer entsprechend starken Asphaltschicht überzieht, in welche, solange der Asphalt noch weich ist, eine Kieslage eingewalzt und diese aufs neue mit Asphalt überzogen wird. Die Röhren werden sowohl mit fester, als auch mit loser Muffe angefertigt und sind an den Enden mit gewindeartigen Ringen versehen, welche sich in die Muffe eindrehen lassen, nachdem sie vorher mit Hanf umwickelt und mit einer Kittmasse bestrichen sind.

Fig. 140.



Kurze Zeit nach der Erfindung Chamerois machte Hutter[1]) den Vorschlag, als Kern zu den Asphaltröhren Glas zu verwenden, wodurch ein Rohr erzielt wird, welches sich für alle Zwecke ähnlich wie Steinzeugröhren verwenden läßt. In der Tat ist die Fabrikation dieser Röhren in den Glashütten zu Rive und Gier auch aufgenommen worden, doch hat man über die Brauchbarkeit derselben wenig gehört. Erst in neuerer Zeit machen Asphaltröhren mit Glaskern wieder von sich reden, seit Döhring[2]) sich ihre Herstellung hat patentieren lassen. Döhring überzieht ein Glasrohr mit einer Hülle aus Papier und Holzzement (Fig. 140) oder weichem Pech und erzielt damit ein Rohr, das dem Glase gegenüber eine sehr bedeutende Festigkeit besitzt und alle dessen Vorzüge teilt. Der Apparat Fig. 141 (a. S. 320) dient zur Herstellung dieser Röhren.

Auf den Lagern *A* ist eine Wickelwalze montiert, welche zur Aufnahme des Glaskörpers dient und gegen welche eine lose aufliegende Quetschwalze wirkt. Diesen gegenüber ist eine Rolle endlosen Papiers gelagert, welches über zwei einfachen, an den Supports für den Holzzementbehälter befestigten Walzen der Wickelwalze zugeführt wird. Der heizbare Holzzement- oder Pechbehälter *B*

[1]) Dumas, Handbuch d. angew. Chemie, deutsch von Engelhart und Alex, 1846, 7, 502. — [2]) D. R.-P. Nr. 36 666, 1885.

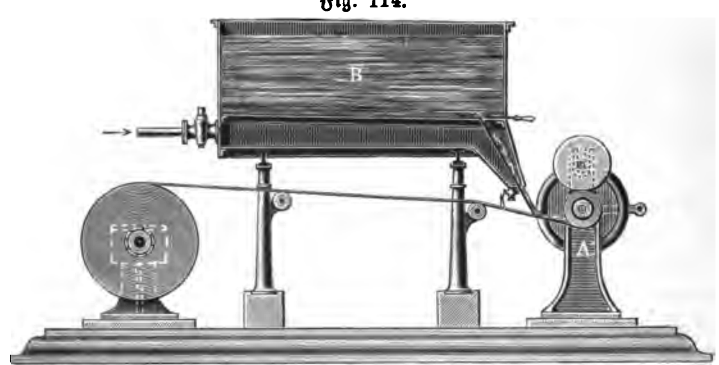
befindet sich zwischen Wickelwalze und Papierwalze, und sein Inhalt kann durch eine Reguliervorrichtung in genügender und gleichmäßiger Menge auf die Oberfläche des Papiers unmittelbar vor der Wickelwalze geführt werden. Sobald die den Glaskern umgebende Asphaltpapierschicht die genügende Stärke erlangt hat, wird die Rolle durchschnitten und das Rohr schließlich noch auf der Oberfläche asphaltiert und besandet.

Die Widerstandsfähigkeit des Rohres mit innerem Glaskern, der mit der äußeren unverwüstlichen Schutzhülle in innigster Verbindung steht, entspricht den zu stellenden Anforderungen vollständig. Das Rohr läßt sich bis zu jeder, für seinen Zweck nötigen Widerstandsfähigkeit gegen inneren wie äußeren Druck herstellen.

Temperaturwechsel oder Frost wirken auf das Rohr bei der elastischen äußeren Schutzhülle, deren Bestandteile schlechteste Wärmeleiter sind, nicht ein, wie dies bei anderen Röhren stattfindet.

Das Rohr verträgt Stoß und Schlag und ist deshalb keinerlei Beschädigungen beim Transport und bei der Verlegung ausgesetzt.

Fig. 114.



Die elastische Umhüllung gewährt nach allen Richtungen Schutz.

Das Rohr kann daher mit völliger Sicherheit in die Fahrbahn einer jeden Straße eingebettet werden, ohne daß die Röhrenleitung beim Senken des Straßenkörpers, innerhalb gewisser Grenzen, bei der eigenartig elastisch hergestellten Muffendichtung undicht wird.

Nach Döhring bewegen sich die Herstellungskosten derartiger Röhren unter denen von schmiede- und gußeisernen Röhren; sie sind viel leichter als diese und sie verhalten sich begreiflicher Weise absolut neutral gegen saure und alkalische Flüssigkeiten. Auch verhindert die glatte Oberfläche im Innern des Rohres jeden Ansatz an die Rohrwandung. Die als schlechter Wärmeleiter bekannte Umhüllung verhindert bei großer Kälte ein Einfrieren des Rohrinhalts, wie sie diesen auch bei großer Wärme vor der Temperaturerhöhung schützt. Die Verlegung des Rohres geschieht in einfachster Weise durch übergeschobene Muffen, in welche die Rohrenden eingekittet werden.

Infolge dieser Eigenschaften eignen sich derartige Röhren besonders für Rohrleitungen in chemischen Fabriken und Laboratorien zum Ableiten saurer

Flüssigkeiten und Gase, zu Sol- und Grubenleitungen, Wasser-, Gas- und Wetterleitungen, Abortschloten und dergleichen mehr.

Schon bevor Döhring mit seiner Erfindung an die Öffentlichkeit trat, hatte Jaloureau[1]) eine andere Konstruktion für Asphaltröhren angegeben, welche noch heute in großem Maßstabe ausgeführt wird und aus der die Döhringschen Röhren als hervorgegangen betrachtet werden müssen. Ausführlich beschreibt Behrens[2]) deren Fabrikation. Der dazu dienende Apparat ist ganz ähnlich einer Dachpappenpfanne konstruiert, an deren einem Ende sich eine Rolle von starkem, zwei Meter breitem Hanfpapier befindet, welches unter einer Walze durch den geheizten Inhalt der halbzylinderförmigen Pfanne geführt wird, während es auf der anderen Seite ein paar Abstreichwalzen passiert. In kurzer Entfernung hinter denselben befindet sich die zweiteilige Wickelwalze, welche genau zentrisch gearbeitet ist. Sie dient als Kern für das zu bildende Rohr und ihr Durchmesser richtet sich nach der Dimension des Rohres, das man herstellen will. Durch eine besondere Einrückvorrichtung kann eine auf die Wickelwalze wirkende Preßwalze eingeschaltet werden.

Vor Beginn des Aufwickelns wird die Wickelwalze mit Schmierseife abgerieben, um den Kern ohne Schwierigkeiten aus dem fertigen Rohr entfernen zu können. Das mit Asphalt überzogene Papier wird in etwa 100 Lagen um den Kern gewickelt und sobald die nötige Wandstärke des Rohres erreicht ist, wird dieses oberflächlich mit Sand bestreut, während gleichzeitig die Preßwalze eingerückt wird, welche einen starken Druck auf die Rohrwandung ausübt. Nachdem das Rohr auf diese Weise die nötige Festigkeit und Dichte erreicht hat, erfolgt eine kurze, äußere Abkühlung desselben und nach Entfernung des Kerns eine weitere Abkühlung durch fließendes Wasser von innen.

Die so hergestellten Röhren leisten nicht allein hohen Druckspannungen außerordentlichen Widerstand, sondern jede durchgeleitete Flüssigkeit bleibt darin auch vollkommen unverändert. In den Asphaltröhren friert weder das Wasser, noch erhöht sich im Sommer dessen Temperatur wesentlich und daher kann eine derartige Leitung weit seichter im Boden liegen als die gebräuchlichen anderen Arten von Röhren. Die Asphaltröhren wiegen auch kaum halb so schwer, als gleich weite eiserne, wodurch in den Transportkosten bedeutende Ersparnisse erzielt werden.

Versuche haben ergeben, daß Röhren von 50 bis 150 mm lichter Weite erst bei einem Drucke von 25 bis 30 Atm. rissen. Weite Kaliber von 150 mm aufwärts zeigten erst Risse bei 15 Atm. Die Zusammenfügung zweier Asphaltröhren ist sehr einfach und die Verbindung einer Asphaltrohrleitung mit einer solchen aus Eisen, Holz oder jedem anderen Material bietet ebenfalls keine Schwierigkeiten. Dazu kommt, daß jedes beliebige Fassonstück an Ort und Stelle gefertigt werden kann, da sich die Asphaltröhren mit der gewöhnlichen Holzsäge schneiden lassen.

Wie bereits an anderer Stelle erwähnt, wird Asphalt durch Leuchtgas rasch zerstört, indem das in diesem dampfförmig enthaltene Benzol eine lösende

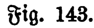
[1]) Wagners Jahresber. 1873, S. 772. — [2]) Dingl. polyt. Journ. 208, 377.

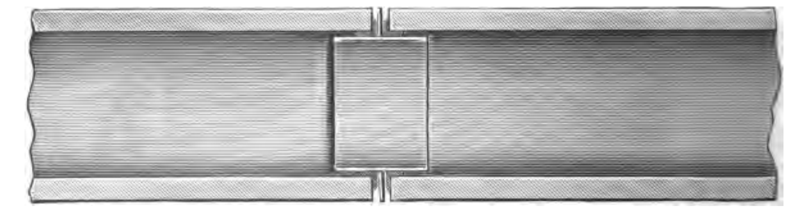
Wirkung darauf ausübt und wahrscheinlich auch andere gasförmige Kohlenwasserstoffe von dem Asphalt unter Erweichen desselben absorbiert werden. Derartige Röhren wären also für Gasleitungen nicht zu verwenden; um sie für diesen Zweck brauchbar zu machen, bildet Th. Kapffs Nachf. in Dresden die innere Wandung derselben auf dem Kern aus einer entsprechend starken Bleifolie.

Die Röhren werden in Längen von 2 m und in den Durchmessern von 1 bis 36″ engl. hergestellt. Die Ausführung der Leitungen aus denselben gestaltet sich sehr einfach; im festen gewachsenen Boden bedürfen dieselben keinerlei besonderer Unterlage und werden bloß mit feinem Kies oder Erde eingeschüttet, welche gleichmäßig und vorsichtig festgestampft wird. Doch ist es zu empfehlen, dieselben da, wo sie größerem, wechselndem Druck durch schwere Lastfuhrwerke und dergleichen ausgesetzt sind, entweder durch bedeckte Kanäle zu führen oder in Zementbeton einzubetten, was sich ja auch bei anderen Arten von Rohrleitungen, insbesondere bei Steinzeugröhren, notwendig macht.

Die Verbindung der Röhren erfolgt durch übergeschobene Muffen, welche mit einem besonderen Schwefelkitt an Stelle des Asphaltkitts ausgegossen werden; dabei verfährt man nach Kapff im allgemeinen wie folgt: Die Asphaltröhren werden auf die gut geebnete Sohle des Leitungsgrabens gelegt und unter jeder Stoßfuge eine kleine Vertiefung gemacht, soviel als die Muffe, welche man gleich über das Rohrende streift, wegen ihres größeren Kalibers Platz beansprucht, um sich nach beiden Seiten hin leicht verschieben zu lassen, so daß die Stoßfuge frei wird. Darauf werden an jeder Stoßfuge in die Mündung der Röhren Blechringe von der in Fig. 142 u. 143 dargestellten Form eingeschoben, welche in der Mitte einen Flansch von der gleichen Breite wie die Wandstärke des

Fig. 142.


Fig. 143.



Rohres erhalten, nachdem man vorher zu beiden Seiten des Flansches einen dünnen Strang von Teerstrick gewickelt hat. Die Röhren werden dann fest aneinander geschoben, und die Muffe von Eisen oder auch aus einem kurzen Stück Asphaltrohr bestehend, über die Stoßfuge gestreift und durch Unterstopfen mit Erde zentriert, so daß ihre Wandfläche überall den nötigen Zwischenraum für den Asphaltkitt um das Rohr frei läßt. Nachdem man die Enden der Muffen durch einen Tonwulst abgedichtet hat, erfolgt das Vergießen mit Asphaltkitt durch ein freigelassenes Nest, wie dies schon früher für die Ver-

dichtung von Steinzeugröhren mit Asphaltkitt beschrieben worden ist. Dabei verhindern die zu beiden Seiten des Bords an dem eingeschobenen Blechring liegenden Teerstricke das Eindringen des Kitts in das Innere des Rohrstranges. Um einen vollständigen Ausguß der Muffe zu erzielen, sind die gleichen Vorschriftsmaßregeln genau zu befolgen, die, wie erwähnt, schon früher gegeben worden sind. Fig. 144 zeigt einen verbundenen Rohrstrang im Durchschnitt und in der Ansicht.

Abzweigungen und Krümmungen sind bei diesen Röhren leicht, auch nach Fertigstellung des Stranges, zu jeder Zeit ausführbar, weil dieselben mit gewöhnlichen Instrumenten leicht angebohrt und abgesägt werden können und sich auch mit jeder anderen Art von Rohrmaterial gut verbinden lassen.

Fig. 144.

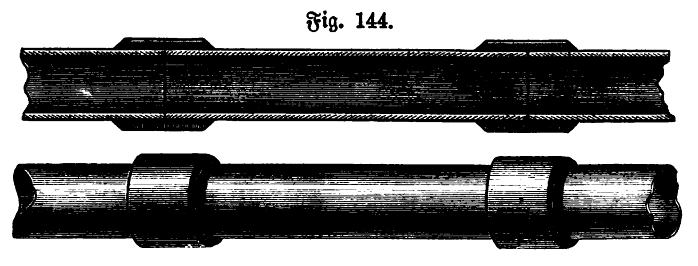


Fig. 145 zeigt ein auf einfache Weise aus Asphaltrohr hergestelltes T-stück in Verbindung mit einem Rohrstrang.

Bei der Fabrikation dieser Röhren hat man es ganz in der Hand, die Eigenschaften derselben dem Zwecke, welchem sie dienen sollen, anzupassen; man kann die Zusammensetzung der Asphaltmasse nach Belieben variieren, um die Röhren widerstandsfähiger gegen Druck oder Wärme zu machen. Es braucht nicht besonders erwähnt zu werden, daß diese Art von Asphaltröhren nur zu Leitungen für nicht heiße Flüssigkeiten und Gase verwendet werden können, aber unter dieser Beschränkung sind sie wegen ihrer Billigkeit und sonstigen wertvollen Eigenschaften meist mit großem Vorteil zu gebrauchen, besonders für Wasser-, Säure- und Gebläseleitungen, zu Wetterhütten, Sprachröhren und zur Aufnahme unterirdischer Kabelleitungen, nicht aber für Gas oder nur mit einem Metall- oder Glaskern. In chemischen Laboratorien und Fabriken eignen sie sich ausgezeichnet zur Ableitung saurer Flüssigkeiten, werden dagegen von flüchtigen und fetten Ölen, sowie heißen Flüssigkeiten und Gasen sehr bald zerstört.

Fig. 145.



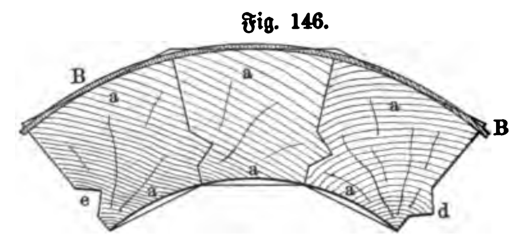
Zu den gleichen Zwecken fabriziert man in den Vereinigten Staaten von Nordamerika schon seit beiläufig 50 Jahren eine andere Art von Röhren, die man vielleicht besser als asphaltierte Holzröhren bezeichnet, die sich dort in Bergwerken und chemischen Fabriken aller Art, in Gerbereien, zu Wasserversorgungs- und Kanalisationszwecken sowie im Haushalt ausgezeichnet be-

21*

währt[1]) haben, gleichwohl aber auf dem europäischen Kontinent nicht bekannt geworden zu sein scheinen.

Die Herstellung der Holzröhren erfolgt aus absolut lufttrockenem, vollständig homogenem, splintfreiem, weißem Fichtenholz, das, um eine möglichst große Haltbarkeit zu gewährleisten, ganz frei von Saft sein muß. Das Holz wird in Stäbe geschnitten, entsprechend der Länge, welche dem Rohre gegeben werden soll; diese Stäbe, die mit ineinander greifenden Nuten und Federn versehen sind, werden alsdann nochmals sorgfältigst nachgesehen und ausgewählt, damit sich keinerlei Unvollkommenheiten, Splinte oder dergleichen darin vorfinden, und alsdann zu Röhren zusammengefügt. Fig. 146 zeigt ein Röhrensegment von drei zusammengefügten, vermittelst der Federn *d* und den Nuten *e* ineinander eingreifenden Holzstäben.

Fig. 146.



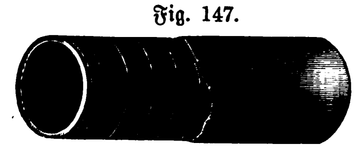
Die auf vorstehend beschriebene Art zusammengefügten Rohre gelangen hierauf in eine besondere Art von Bandmaschine, wo sie mit Stahlreifen spiralenförmig umwunden und fest zusammengepreßt werden. Die Stahlreifen hat man vorher, um sie widerstandsfähig gegen Feuchtigkeit und Säuren zu machen, auf beiden Seiten mit einer Schicht Teerasphalt überzogen. Das ganze Rohr wird nunmehr ebenfalls mit einer dicken gleichmäßigen Asphaltschicht überzogen, und die Holzröhre ist zum Gebrauch fertig.

Für die Herstellung von Röhren, welche zur Leitung von heißen Flüssigkeiten, Gasen und Dämpfen dienen sollen, wird an Stelle des Teerasphalts natürlicher Aspalt in dickem Überzug verwendet, welcher bei hoher Temperatur unverändert bleibt.

Fig. 147 zeigt die Holzröhre mit Stahlbändern umwunden und mit einer Auflage von Asphalt; letztere ist zum Teil entfernt, um das um die Röhre gewundene Stahlband zu zeigen.

Je nach dem Druck, den die Röhren aushalten sollen, werden diese Stahlbänder in stärkerer oder schwächerer Ausführung und in engeren oder weiteren Zwischenräumen um die Rohre herumgelegt. Der Druck, den die Holzröhren aushalten bzw. auf den sie nach erfolgter Fertigstellung geprüft werden, beträgt je nach den Anforderungen, die an sie gestellt werden, 3, 6 oder 12 Atmosphären.

Fig. 147.



Die absolute Dichtigkeit der Röhren, ihre Zweckmäßigkeit zu jeder Art von Zu- oder Ableitung, von Saug- und Druckleitungen, kurz zu allen Zwecken, wozu eiserne oder Tonröhren Verwendung finden, ist erwiesen.

[1]) Vgl. Rittscher, Chemiker-Korrespondenz 1902, S. 63.

Die Röhren werden in Längen von 1,2 bis 2,5 m hergestellt und von jedem inneren Durchmesser, von etwa 3 cm an aufwärts.

Miteinander werden die Röhren verbunden, indem der an dem einen Ende jeder Röhre befindliche Zapfen in das entsprechende Ende der anderen Röhre direkt eingetrieben wird; da ersterer, dessen Länge etwa 75 mm beträgt, etwas stärker ist als der innere Durchmesser des letzteren, so wird hierdurch eine vollkommen luft- und wasserdichte Verbindung erhalten. Besondere Verkuppelungen oder irgend welche andere Vorrichtung zum Abdichten der Verbindungsstellen sind nicht erforderlich.

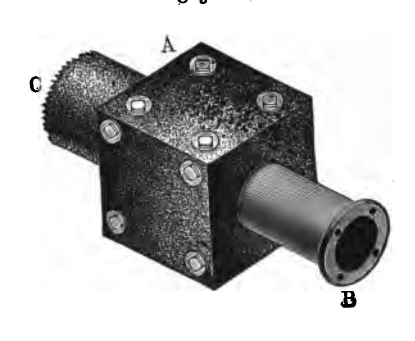
Zum Anschluß an Pumpen, Ventile, Metallrohre usw. sind spezielle Einrichtungen bzw. Anschlußstücke vorgesehen, ebenso Winkel und Biegungen aller Grade.

Diese Verbindungsstücke sind ebenso wie die Holzröhren an dem einen Ende mit Zapfen und an dem anderen Ende mit Röhren versehen, so daß die Verbindung derselben mit den Röhren auf die nämliche einfache Art und Weise erfolgt. Fig. 148 zeigt ein Kniestück, während Fig. 149 ein Verbindungsstück

Fig. 148.



Fig. 149.



darstellt, welches zum Anschluß an eine Pumpe oder eiserne Röhrenleitung dient und aus einem Holzblock *A* besteht, welcher auf der einen Seite einen eisernen Anschlußstutzen *B* für die vorhandene Leitung und auf der anderen Seite ein Holzrohr *C* zur Verbindung mit der Holzrohrleitung aufweist.

Derartige Verbindungsstücke lassen sich natürlich auch für die weiter oben besprochenen Asphaltrohre mit Vorteil verwenden.

Ein weiteres Feld für die Verwendung von künstlichem Asphalt (speziell Steinkohlenteerpech) ist die zur Herstellung von sogenanntem

Asphaltpapier

als Surrogat für Wachspapier. Seine Herstellung und ebenso die des gleich zu erwähnenden Doublepapiers ist indessen kein Zweig der Asphaltfabriken, sondern sie erfolgt ausschließlich in den Papierfabriken, welche sich mit der Fabrikation von Verpackungsmaterialien befassen. Man bereitet das Asphaltpapier (auch Wachstuchpapier genannt) am einfachsten durch Bestreichen eines zähen Packpapiers mit einem Firnis aus Asphalt, Leinölfirnis und Terpentinöl.

Rationeller geschieht dies so, daß man dieses von einer Walze über einen erwärmten Tambour gleiten läßt, auf welchem eine Abstreichvorrichtung angebracht ist. Vor diese fließt geschmolzenes Pech, welches daselbst eine Höhe von etwa 4 cm einnimmt. Das auf diese Weise mit einer dünnen Schicht Pech überzogene Papier läuft zur Abkühlung noch über einige Walzen, um dann auf einer letzten Walze in Rollen gewickelt zu werden. Speziellere Vorschriften zur Fabrikation dieses Papiers finden sich in Dingl. polyt. Journ. **145**, 77; **150**, 320; **154**, 442; **158**, 441; **181**, 466; **184**, 532; **187**, 86; **190**, 430; **195**, 95; **204**, 514; **210**, 400.

Bird[1]) verwendet eine Mischung von 50 bis 60 Tln. Teerpech, 20 bis 30 Tln. Petroleumrückständen und 10 bis 15 Tln. Asphalt. Die geschmolzene, dickflüssige Masse soll mit Hilfe von Walzen gleichmäßig auf beide Seiten des Papiers aufgetragen werden und ein Fabrikat liefern, das lange geschmeidig bleibt und nur schwachen Geruch besitzt.

Nalon[2]) fertigt Pappe aus Holzschliff, dem beim Kochen Kochsalz, Salpeter und Erdöl zugesetzt werden sollen (?). Zum Überziehen dient eine Lösung von 20 Tln. Harz und 30 Tln. Asphalt in Terpentinöl.

Zum Bekleiden feuchter Wände vor dem Tapezieren dient das sogen. Doublepapier, bei welchem eine Lage Asphalt zwischen zwei Lagen Papier eingebettet ist.

Teggin[3]) vereinigt eine geteerte Bahn mit einer ungeteerten zwischen Preßwalzen, oder auch mit einem Gewebe, wenn das Material besonders stark sein soll.

Isoliermaterialien aus künstlichem Asphalt

spielen in der Elektrotechnik eine nicht unbedeutende Rolle. In ganz rohem Zustande dient das Steinkohlenteerpech bisweilen zur Isolierung unterirdischer Kabel, welche in eine gemauerte oder hölzerne Rinne eingelegt werden, die mit geschmolzenem Pech ausgegossen wird.

Albert Lessing[4]) will eine nutzbringende Verwertung des Steinkohlenteerpechs für die Zwecke elektrischer Isolation dadurch erzielen, daß er die darin enthaltenen, löslichen und gegenüber dem elektrischen Strom isolierend wirkenden Bestandteile von den unlöslichen und gut leitenden Stoffen trennt. Er löst das Pech in geeigneten Flüssigkeiten, filtriert die Lösung ab und dampft sie ein. Nach dem Abdestillieren des Lösungsmittels hinterbleiben die löslichen und isolierend wirkenden Bestandteile als plastische, ihrem Zwecke vollkommen entsprechende Masse.

Dankwerth und Sanders[5]) erzeugen einen Ersatz zum Überziehen elektrischer Leitungen, indem sie gleiche Teile Teeröl und Hanföl mehrere Stunden auf 140 bis 150° erhitzen, bis sich die Masse zu langen Fäden aus-

---

[1]) Amer. Pat. Nr. 426 633. Dingl. polyt. Journ. **278**, 382; **286**, 135. — [2]) Amer. Pat. Nr. 530 898. Dingl. polyt. Journ. **301**, 193. — [3]) Engl. Pat. Nr. 7698, 1898. Dingl. polyt. Journ. **301**, 193. — [4]) D. R.-P. Nr. 98 278. — [5]) D. R.-P. Nr. 9620.

ziehen läßt, worauf noch 1 Tl. gekochtes Leinöl zugefügt wird. Auf 1000 Tle. dieses Gemisches geben sie dann noch 0,5 bis 1 Tl. Ozokerit und etwas Walrat und vulkanisieren die Masse schließlich mit 0,6 bis 0,8 Tln. Schwefel. In diesem Falle wird also der künstliche Asphalt erst durch die Einwirkung des Schwefels auf die angewendeten Öle in dem Prozeß selbst erzeugt.

J. A. Fleming[1]) nimmt scharf getrocknetes Holz, besonders das der englischen Pappel und behandelt es unter Druck mit einem Gemisch von 2 Tln. Pech oder Asphalt und 1 bis 2 Tln. Paraffin, Anthrazen oder Harz. Statt des festen Holzes kann man auch Holzstoff, Faserstoff, Papiermasse usw. verwenden und den in der Wärme plastischen Teig unter Druck in Formen pressen.

Robson[2]) empfiehlt eine Mischung von 60 bis 80 Tln. Harzpech und 20 bis 40 Tln. Paraffinwachs, gemischt mit Ölen, Mineralfarben und anderen Zusätzen.

L. Bäärnhielm und A. Jernander[3]) behandeln Stearinpech bei 120° mit Schwefel. Dabei schäumt die Masse stark auf und es entweicht viel Schwefelwasserstoff; die Temperatur läßt man schließlich auf 155° steigen. Ein gutes Verhältnis für den Ansatz ist 74 Tle. Stearinpech und 26 Tle. Schwefel für eine harte, und 70 Tle. Stearinpech, 10 Tle. Schwefel und 20 Tle. Leinöl für eine weiche Isoliermasse. Nach Angabe der Erfinder besitzt dieses Produkt eine große isolierende Kraft und Widerstandsfähigkeit gegen Säuren und die Witterung, und eignet sich daher vorzüglich zu Isolationen in Akkumulatorenräumen usw.

Der Verwendung des Pechs in der Gummi- und Guttaperchaindustrie zu teilweise ähnlichen Zwecken haben wir bereits an einer anderen Stelle gedacht. Die Brauchbarkeit des künstlichen Asphalts als Wärme-Isoliermittel beschränkt sich naturgemäß nur auf verhältnismäßig niedrige Temperaturen. In dieser Beziehung haben wir in einem früheren Kapitel bereits den Korkasphalt als außerordentlich wirksames Isoliermaterial kennen gelernt.

Robert Deter[4]) stellt eine Mischung aus präpariertem Steinkohlenteer, Buchenholzteer und Harz her, kocht dieselbe unter Zusatz von fein pulverisiertem Magnesit und Mennige und tränkt damit Hanfstränge, die er zum Isolieren von Dampfrohrleitungen benutzen will. Ein derartiges Isoliermaterial bedarf jedenfalls einer, wenn auch verhältnismäßig dünnen, so doch unverbrennlichen und schlecht leitenden Unterlage auf der Rohrwandung.

Künstlicher Asphalt, speziell Steinkohlenteer und Steinkohlenteerpech, dienen bisweilen auch als beim Kalzinieren kohlenstofflieferndes Bindemittel. Als solches spielen sie eine große Rolle in der Herstellung elektrischer und galvanischer Kohle, bei welcher das aus einem Gemisch von Teerruß und feinst gemahlenem Retortengraphit bestehende Material mit einem ganz geringen Zusatz von präpariertem Teer gemischt und durch starken hydraulischen Druck,

---

[1]) Engl. Pat. Nr. 2414, 1882. Chem.-Ztg. 1883, S. 32. — [2]) D. R.-P. Nr. 66 892. — [3]) D. R.-P. Nr. 77 810. — [4]) D. R.-P. Nr. 121 747 vom 9. Oktober 1900.

ähnlich wie dies bei der Fabrikation von Bleiröhren usw. geschieht, aus passenden Öffnungen ausgetrieben wird, und entweder runde Stäbe für elektrische Bogenlampen, oder plattenförmige für elektrische Batterien usw. liefert, welche nach dem Kalzinieren bei sehr hohen Wärmegraden erst ihre Festigkeit infolge des Zusammenfrittens der Ruß- und Graphitteilchen durch den aus dem Teer ausgeschiedenen Kohlenstoff erlangen.

Hierher gehört auch das Verfahren der Gebr. Douglas[1]) zur Herstellung von gegen chemische Agentien widerstandsfähigen, dampfdichten Apparaten, welches darin besteht, daß zum Auskleiden der Gefäße Formstücke aus mehreren Teilen bestehend hergestellt werden durch Glühen eines Gemisches von möglichst reiner Kohle (Koks, Ruß, Retortenkohle, Graphit) mit einem kohlenstoffhaltigen Bindemittel, welches beim Glühen nur Kohle hinterläßt (Teer, Pech, Harz) und miteinander durch dasselbe Bindemittel, das mit Kohle vermischt sein kann, verbunden werden.

Die gleiche Rolle spielt der präparierte Teer auch bei der Herstellung des basischen Futters der Konverter im Hüttenwesen. W. Schacht[2]) erzeugt ein Ofenfutter für die Natron- und Sulfatschmelzöfen der Zellstofffabrikation, bestehend aus einer Mischung von eventuell Magnesia-, Eisen- oder Tonerdesalz enthaltendem Ätzkalk mit wasserfreiem Teer. Letzterer soll dazu dienen, den Ätzkalk vor der Zersetzung durch äußere Einflüsse zu schützen.

---

[1]) D. R.-P. Nr. 125455 vom 18. Juli 1899. — [2]) D. R.-P. Nr. 126242 vom 1. Juli 1900.

Vierter Teil.

Die chemische Untersuchung der natürlichen und künstlichen Asphalte und die chemisch-technische Prüfung der Asphaltmaterialien.

Mehr noch wie unsere Kenntnisse der Chemie der Asphalte im allgemeinen, liegen die Methoden zur chemischen Untersuchung derselben im speziellen im argen. Mit Sicherheit lassen sich nur die Mengenverhältnisse ihrer elementaren Bestandteile bestimmen, während für eine zuverlässige Bestimmung auch der näheren Bestandteile die nötigen Unterlagen gänzlich in der Luft schweben. Die im Laufe der Zeit in Aufnahme gekommenen Methoden zur Trennung der die Asphalte zusammensetzenden Körper gründen sich auf das Verhalten derselben gegenüber verschiedenen Lösungsmitteln, aber es steht wohl außer Frage, daß die auf solche Weise isolierten Substanzen nicht als wohlcharakterisierte Individuen in rein chemischem Sinne anzusprechen sind. Sie sind vielmehr selbst nur als vorläufig noch unentwirrbare Gemenge verschiedener Substanzen anzusehen, die ihre Eigenschaften wechseln je nach den Mengenverhältnissen, in denen diese darin vertreten sind oder den geänderten Versuchsbedingungen, bei welchen man die Trennung derselben auszuführen sucht. Immerhin aber dürften diese Methoden, namentlich bei vergleichenden Untersuchungen verschiedener Asphalte, nicht ohne Wert sein und — mit einer gewissen Beschränkung natürlich — brauchbare Schlußfolgerungen zulassen.

In dem folgenden Abschnitt wollen wir die allgemeinen Methoden zur chemischen Untersuchung der natürlichen und künstlichen Asphalte, sowie die speziellen Methoden zur technischen Prüfung der Asphaltmaterialien, welche weit besser als jene ausgebildet sind, eingehender besprechen.

Dreizehntes Kapitel.

Allgemeine Methoden zur chemischen Untersuchung der natürlichen und künstlichen Asphalte.

---

1. Bestimmung des Gehalts an Bitumen und Trennung der Bestandteile desselben.

Alle natürlichen und künstlichen Asphalte enthalten neben dem löslichen Bitumen noch größere oder geringere Mengen unlöslicher Körper, teils organischer, teils anorganischer Natur, von welchen das Bitumen nur durch Extraktion getrennt werden kann. Wenn es sich dabei lediglich um eine Bestimmung der Gesamtmenge des Bitumens handelt, verwendet man zur Extraktion zweckmäßig ein solches Lösungsmittel, in welchem alle Bestandteile desselben leicht löslich sind, um in einer einzigen Operation zum Ziel zu gelangen.

Für die natürlichen Asphalte ist ein derartiges Lösungsmittel im Schwefelkohlenstoff gefunden worden, welcher für diesen Zweck nur im reinsten Zustande, vor allem absolut frei von gelöstem Schwefel, verwendet werden kann. Natürlich ist es von größter Wichtigkeit, daß das betreffende Lösungsmittel sehr leicht flüchtig ist, um nicht beim Verdunsten desselben eine teilweise Zersetzung oder Verflüchtigung des extrahierten Bitumens infolge der höheren Temperatur, die dabei angewendet werden muß, befürchten zu müssen. Dieser Bedingung entspricht der Schwefelkohlenstoff in hohem Maße. Vollständig löslich ist das Bitumen der natürlichen Asphalte auch in den flüssigen Kohlenwasserstoffen des Steinkohlenteers, sowie in den schwereren Destillationsprodukten des Erdöls, in Terpentinöl und in Chloroform.

Infolge der Leichtlöslichkeit des Bitumens in den genannten Lösungsmitteln kann die Extraktion desselben schon auf kaltem Wege [1]) in der Art erfolgen, daß man eine gewogene Menge des Asphalts in einem geschlossenen Gefäß mit einer genügenden Menge des Lösungsmittels übergießt und unter häufigerem Umschütteln längere Zeit stehen läßt. Man filtriert schließlich durch ein trockenes gewogenes Filter und wäscht den Filterinhalt so lange mit Lösungs-

---

[1]) Vgl. S. Meunier, Compt. rend. 123, 1327—1329. Chem. Zentralbl. 1897, S. 399.

mittel aus, als dieses noch Bestandteile auszuwaschen vermag. Rascher kommt man natürlich unter Verwendung eines der bekannten Extraktionsapparate, wie solche zu Fettbestimmungen u. dgl. üblich sind, zum Ziele.

Nach dem Verdunsten oder Abdestillieren des Lösungsmittels trocknet man den Destillationsrückstand bei 100° bis zum konstanten Gewicht im Trockenschrank, am besten im Kohlensäurestrom, um einer etwaigen Veränderung desselben durch Oxydation vorzubeugen. Durch Trocknen und Wiegen des Filterinhalts erfährt man die Menge der Verunreinigungen des Asphalts; eine Differenz zwischen dem so gefundenen Gesamtgewicht und dem Gewicht der angewandten Substanz ergibt einen etwaigen Feuchtigkeitsgehalt des Asphalts. Ist es von Interesse, auch die Zusammensetzung der Verunreinigungen des Asphalts kennen zu lernen, so erfolgt die Untersuchung des Filterinhalts nach dem gewöhnlichen Gang der quantitativen chemischen Analyse.

Die künstlichen Asphalte enthalten als unlöslichen Bestandteil in der Regel freien Kohlenstoff in amorphem Zustande, herrührend von pyrogener Zersetzung der der Destillation unterworfenen organischen Substanzen, der natürlich auch größere oder geringere Mengen von Aschenbestandteilen enthalten kann. Als vorzügliche Lösungsmittel für deren bituminöse Bestandteile eignen sich die Kohlenwasserstoffe des Erdöls und des Steinkohlenteers.

Die Bestimmung des löslichen Bitumens der künstlichen Asphalte kann auf ähnliche Weise wie bei den natürlichen Asphalten erfolgen, geschieht aber in der Regel so, daß man den Gehalt an freiem Kohlenstoff ermittelt und die Menge des Bitumens aus der Differenz berechnet; bei den künstlichen Asphalten, welche durch Destillation der Steinkohle gewonnen werden, vom gewöhnlichen Teer durch alle Stadien bis zum Steinkohlenteerpech, ist die Ermittelung des Gehalts an löslichem Bitumen überhaupt nur auf dem Wege der Differenzberechnung möglich, weil diese beim Eindampfen des Extrakts und besonders beim Trocknen des Destillationsrückstandes schon leichtflüchtige Substanzen, wie niedrig siedende Kohlenwasserstoffe, oder auch solche mit hohem Siedepunkt, wie Naphthalin, verlieren.

In der Regel gelangt man zum Ziel, wenn man derartige Produkte mit etwa der zwanzigfachen Menge eines Benzolkohlenwasserstoffs (Xylol) auskocht, auf ein Filter bringt und mit wasserhellem, heißem Kohlenwasserstoff so lange nachwäscht, bis das Filtrat ungefärbt abläuft. Verfasser [1]) hat es als zweckentsprechender gefunden, ein Gemisch aus gleichen Teilen Toluol und Eisessig zu diesem Zwecke zu verwenden. Nach Kraemer und Spilker [2]) ist aber die für die Praxis bequemste Methode die folgende:

Man erwärmt 1 Tl. des Teers oder des gepulverten, künstlichen Asphalts mit 3 Tln. Anilin und gießt die dünnflüssige Masse auf einen kleinen Teller von unglasiertem, gebranntem Porzellan. Das Lösungsmittel samt den löslichen Bestandteilen des Teers oder Pechs wird von der porösen Masse aufgesaugt, während der ungelöste Kohlenstoff usw. als blätterige Masse zurückbleibt, die mit einem kleinen Holzspatel ohne Verlust auf ein tariertes Uhrglas

[1]) Dingl. polyt. Journ. 270, 233. — [2]) Muspratt, Chemie, 4. Aufl., 8, 3.

gebracht werden kann, das dann nach mehrstündigem Verweilen im Wasserbadschranke zur Wägung gebracht wird. Nach den genannten Autoren ist die Extraktion des Bitumens durch Anilin eine vollkommenere, als durch die erwähnten Kohlenwasserstoffe.

Von den die natürlichen Asphalte zusammensetzenden Bestandteilen ist bis jetzt nur ein einziger, das Paraffin, in wohlcharakterisiertem Zustande abgeschieden worden. Für die Bestimmung desselben läßt sich mit Vorteil eine Methode benutzen, welche Kraemer und Spilker[1]) für die Bestimmung des Paraffins im rohen Anthrazen angegeben haben und die in folgendem besteht:

10 g des sehr fein verriebenen Asphalts werden in einem mit Marke versehenen Kolben von 100 ccm mit etwa 70 ccm Äther längere Zeit geschüttelt, dann wird bis zur Marke mit Äther aufgefüllt, gemischt und zum Absitzen bei Seite gestellt. 50 ccm der klaren Lösung bringt man mittels einer Pipette in eine Porzellanschale, läßt den Äther verdampfen und trocknet den Rückstand eine halbe Stunde lang bei 100°. Nach dem Erkalten zerreibt man den Rückstand in der Schale möglichst fein, fügt 8 ccm rauchende Schwefelsäure mit 20 Proz. Anhydrid hinzu, mischt gut und erhitzt, indem man die Schale mit einem Uhrglase bedeckt hält, drei Stunden lang unter häufigem Umrühren auf 100°. Der Inhalt der Schale wird mit 500 ccm heißem Wasser in ein Becherglas gespült, nach dem Erkalten durch ein feuchtes Filter filtriert und Becherglas und Filter mit kaltem Wasser ausgewaschen, bis Chlorbaryum im Filtrat keine Trübung mehr erzeugt.

Man läßt das Filter gut abtropfen, feuchtet es mit absolutem Alkohol gut an und wäscht das Paraffin durch Aufgießen von Äther durch das Filter in eine gewogene Schale, bis einige Tropfen des abfließenden Äthers beim Verdunsten keinen festen Rückstand mehr hinterlassen. Auch aus dem Becherglase entfernt man die letzten Spuren des Paraffins mittels Äther.

Die ätherische Lösung wird in mäßiger Wärme verdunstet, der Rückstand alsdann bei 105° eine halbe Stunde lang getrocknet und als Paraffin gewogen.

Clifford Richardson[2]) hat die Methode zur Bestimmung des Paraffins in Paraffinölen, welche Holde[3]) angegeben hat, auch zur Untersuchung der Petroleumrückstände und der Asphalte und Asphaltmaterialien anwendbar gemacht. Zu diesem Zweck werden 2 bis 10 g der zu untersuchenden Substanz im Erlenmeyerschen Kolben mit 100 ccm Petroleumnaphtha von 88° übergossen. Die Naphtha bleibt über Nacht über der Substanz stehen und die Lösung wird am nächsten Morgen durch einen Goochschen Tiegel abgegossen, der Rückstand gut mit Naphtha ausgewaschen und die vereinigten Flüssigkeiten in einem geräumigen Scheidetrichter so oft mit Schwefelsäure vom spez. Gew. 1,84 gewaschen, bis eine neue Portion der Säure sich nur mehr wenig färbt. In der Regel genügt ein zweimaliges Waschen. Darauf wird die paraffinhaltige Lösung mehrfach mit reinem Wasser, dann mit einer schwachen Soda-

[1]) Muspratt, Chemie, 4. Aufl., 8, 70. — [2]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1902, p. 690. — [3]) Mitteil. aus der Königl. Versuchsanstalt zu Berlin 1896, S. 211. Journ. Soc. Chem. Ind. 1897, p. 16.

lösung und zuletzt wieder mit reinem Wasser gewaschen und das auf diese Weise von allen ungesättigten Kohlenwasserstoffen befreite Gemisch von Paraffin und Asphaltkohlenwasserstoffen durch Abtreiben des Lösungsmittels isoliert. Man nimmt nach der Methode von Holde den Rückstand mit Äther auf und fällt daraus die Asphaltkohlenwasserstoffe durch Zusatz von Alkohol. Aus dem Filtrat erhält man das Paraffin beim Eindampfen in reinem Zustande.

Mehrere, nach dieser Methode ausgeführte Bestimmungen ergeben folgende Resultate:

Petroleumrückstand von Pipe Line Oil.
Spez. Gew. = 0,93.

Nr.	Gewicht g	Löslich in Naphtha	Nicht angegriffen durch H_2SO_4	Paraffin
1	1,0	96,0 Proz.	Nicht gewaschen	7,95 Proz.
2	1,0	96,0 "	89,5 Proz.	5,55 "
3	1,0	Destilliert im Vakuum	Nicht gewaschen	5,95 "

Trinidadasphaltkitt.

Nr.	Gewicht g	Löslich in Naphtha	Nicht angegriffen durch H_2SO_4	Paraffin
1	10,0	—	Nicht gewaschen	2,95 Proz.
2	10,0	—	" "	0,95 "

In jedem Falle war das abgeschiedene Paraffin nach der Behandlung mit Säure weiß und rein, während es auf dem Wege der Vakuumdestillation nur gefärbt erhalten werden konnte; die Resultate waren etwas niedriger, aber korrekter als die bei der Destillation im Vakuum erhaltenen.

Der Trinidadasphaltkitt war hergestellt aus 100 Tln. Trinidadasphalt und 20 Tln. Petroleumrückstand von 5,55 Proz. Paraffingehalt. Da der Trinidadasphalt paraffinfrei war, stellt sich der berechnete Gehalt des Kitts an Paraffin auf 0,925 Proz., während 0,95 Proz. gefunden wurden. Die Methode ergibt also hinlänglich genaue Resultate.

Nach dem Vorgang Boussingaults[1]) pflegt man sich die natürlichen Asphalte als aus zwei Körperklassen zusammengesetzt zu denken, einen flüssigen und flüchtigen, den er mit dem Namen „Petrolène" bezeichnet und einen festen, den er „Asphaltène" nennt. Er trennt beide durch Destillation mit Wasserdampf, wobei das Petrolen mit den Wasserdämpfen übergeht. Die Verflüchtigung des letzteren gelingt auch vollständig durch 48 stündiges Erhitzen des Asphalts auf 250°, aber nur teilweise ist eine Extraktion des Petrolens durch siedenden Alkohol möglich. Je härter ein Asphalt ist, desto mehr Asphalten

[1]) Ann. Chim. Phys. 64, 171; 73, 442.

und desto weniger Petrolen enthält derselbe, und es ist die Ansicht Boussingaults, daß ersteres aus letzterem durch eine Art Oxydation (richtiger Wasserstoffentziehung) gebildet wird.

Le Bel[1]) bestimmt das Asphalten in natürlichen Asphalten in der Weise, daß er das Bitumen mit Naphtha extrahiert, die Naphtha zum größten Teil aus der Lösung abdestilliert und das Asphalten aus der konzentrierten Lösung durch Zusatz von Amylalkohol fällt. Der Niederschlag wird noch ein zweites Mal in Naphtha gelöst und wiederholt durch Amylalkohol gefällt. Es fällt ein schwarzes Harz, dem durch Kochen mit Äther ein rotes Harz entzogen werden kann. Das in Äther unlösliche Asphalten enthält Aschenbestandteile, welche aus Kieselsäure, Eisen, Mangan und Kalk bestehen.

Nach Endemann[2]) kann man dem Asphalt das Petrolen durch Destillation im Kohlensäurestrom bei 260 bis 320° entziehen; das Destillat enthält auch Paraffin. Zur Bestimmung des Petrolens in einem Asphalt verfährt er so, daß er 5 g desselben mit Chloroform extrahiert, die Lösung filtriert und in einem gewogenen Kolben das Chloroform abdestilliert; der Rückstand wird eine halbe Stunde lang bei 120° getrocknet und davon 0,2 bis 0,3 g in einem Porzellanschiffchen zwölf Stunden lang bei 250° im Kohlensäurestrom erhitzt. Der Verlust ist Petrolen, der Rückstand Asphalten. Wie Endemann ferner angibt, kann das Petrolen auch durch Extraktion vermittelst Petroleumäthers vom Asphalten getrennt werden, indessen seien die auf diese oder ähnliche Weise erhaltenen Resultate falsch, was nachstehende Analysenresultate an ein und demselben Asphalt beweisen:

	Extraktionsmethode Proz.	Neue Methode Proz.
Petrolen	87,12	26,51
Asphalten	10,19	70,80
Anorganische Substanz	0,27	0,27
Organische Substanz (Nichtbitumen)	2,42	2,42

Derartige Differenzen beweisen natürlich nur die Unzulänglichkeit der in Anwendung befindlichen Methoden und die Unsicherheit der Begriffe Petrolen und Asphalten.

H. Kayser[3]) sucht eine Trennung der Asphaltbestandteile durch sukzessive Extraktion des Asphalts mit Alkohol (spez. Gew. 0,835), Äther und Chloroform zu erreichen und erhält dabei Substanzen von sehr verschiedener Zusammensetzung, welche auch in ihren Eigenschaften bedeutend voneinander abweichen. Auf seine Resultate, die wir im 5. Kapitel ausführlich besprochen haben, muß verwiesen werden, ebenso auf weiteres diesbezügliches Material im gleichen Kapitel.

[1]) Bull. Soc. chim. 50, 359. Wagn. Jahresber. 1889, S. 17. — [2]) Journ. Soc. Chem. Ind. 15, 222—298; 16, 121—126; 17, 1003. Chem.-Ztg. 1896, S. 987. — [3]) loc. cit.

S. F. und H. E. Peckham[1]) halten es für die Identifizierung und Charakterisierung des Asphalts für am besten, die Mengen zu bestimmen, die nacheinander durch Petroleumäther, Terpentinöl und Chloroform ausgezogen werden. Die auf diese Weise isolierten Bestandteile des Asphalts sind nicht eingehend charakterisiert, doch enthält z. B. der Petroleumätherauszug des Trinidadasphalts 1,1450 Proz., der Terpentinölauszug 0,7818 Proz. und der Chloroformauszug 0,5313 Proz. Schwefel.

Nach einer Angabe von E. Jacobsen[2]) kann man den in Petroleumbenzin unlöslichen Bestandteil des (syrischen) Asphalts dadurch abscheiden, daß man den Asphalt in einer möglichst geringen Menge Steinkohlenteerbenzol auflöst, die Lösung filtriert und das Filtrat in die zehnfache Menge Petroleumbenzins (spez. Gew. 0,690 bis 0,7) gießt. Es entsteht ein Niederschlag, welcher abfiltriert und so lange mit Petrolnaphtha (spez. Gew. 0,650 bis 0,660) gewaschen wird, bis diese farblos abläuft. Nach dem Trocknen kann die Menge des Niederschlages durch Wägung ermittelt werden.

Auch D. Holde[3]) bedient sich zur Abscheidung und Bestimmung des Asphalts in rohen Erdölen einer derartigen Fällungsmethode. Zur Bestimmung des in Benzin unlöslichen Teils des Asphalts werden 1,5 bis 3 g des Öls in einer 1 Literflasche aus farblosem Glase mit 300 bis 500 ccm Benzin von tunlichst niedrigem Siedepunkt (weil die Löslichkeit des Asphalts mit dem Fallen der Siedegrenzen des Benzins abnimmt) tüchtig geschüttelt. Nach wenigstens eintägigem Stehen wird zunächst der Hauptteil der Lösung durch ein kleines Faltenfilter gegeben. Dann wird die Hauptmenge des Niederschlages auf das Filter gebracht und unter Nachspülen der Flasche mit reinem Benzin so lange ausgewaschen, bis das Filtrat keinen öligen Verdampfungsrückstand mehr gibt. Hierauf wird der Asphalt vom Filter durch heißes Benzol abgelöst; die in einen Kolben gespülte Lösung wird durch Destillation von der Hauptmenge des Benzols befreit und dann in eine tarierte Schale gegeben, welche nach Verdampfung des Benzolrestes und Trocknen bei 100° C gewogen wird. Das Ablösen des Asphalts vom Filter hat tunlichst bald zu geschehen, wenn man sicher sein will, daß derselbe (vermutlich infolge einer Oxydation) keine Gewichtszunahme erfährt.

Der in Alkoholäther (4 : 3) unlösliche Asphalt in rohen Erdölen oder ähnlichen Produkten wird ermittelt, wenn man 1 bis 2 g Öl mit 20 bis 40 ccm Alkoholäther (4 : 3) in eine Stöpselflasche spült und nach tüchtigem Durchschütteln zwei bis drei Tage stehen läßt. Das benutzte Wägegefäß, an dessen Wänden häufig Asphaltreste haften, wird inzwischen aufbewahrt. Man sammelt den Niederschlag auf einem kleinen Faltenfilter, wäscht mit Alkoholäther so lange nach, bis dieser beim Verdunsten einen in der Zimmerwärme höchstens klebenden, keineswegs aber mehr öligen Rückstand hinterläßt. Sollten sich im Filtrat nach mehrtägigem Stehen weitere Mengen Niederschlages absetzen, so werden diese mit dem ersteren vereinigt und wie oben ausgewaschen.

---

[1]) Journ. Soc. Chem. Ind. 16, 424. — [2]) Chem. Ind. 1879, S. 369. — [3]) Lunges Chem.-techn. Untersuchungsmethoden, Berlin 1900, 3, 7.

Der gesamte, in der Wägeflasche, dem Schüttelgefäß und auf dem Filter verbliebene Rückstand wird mit heißem Benzol aufgenommen, die Lösung in einer Porzellanschale verdunstet, bei 100° C getrocknet und gewogen.

Nach C. Engler[1]) enthalten die festen Bestandteile aller Roherdöle als charakteristische Komponenten neben Paraffin, Asphalt und Pech, welche sich in deren Destillationsrückständen anhäufen. Man darf annehmen, daß auch der Bergteer und das diesem nahe verwandte Erdpech als Abkömmlinge des Erdöls diese beiden Bestandteile der Hauptsache nach enthalten. Asphalt ist der in leichtestem Ligroin unlösliche, Pech der darin leicht lösliche Teil. Auf Veranlassung Englers hat A. Flachs[2]) eine Methode zur Trennung dieser zwei Substanzen ausgearbeitet, welche sich auf dem Verfahren von Holde, sowie einer früheren Arbeit von Engler und Böhm aufbaut und darin besteht, daß man das ursprüngliche Gemisch desselben, bzw. die dasselbe enthaltende Substanz in Benzol und Äther auflöst und die ätherische Lösung mit Alkohol fällt. In Benzol und Äther ist sowohl das Pech als auch der Asphalt löslich und beide werden auch zusammen durch Alkohol präzipitiert. Man filtriert und kann im Filtrat Paraffin und Öle nach bekannten Methoden bestimmen. Der Niederschlag wird mit Ligroin von höchstens 45° Siedepunkt, also dem leichtesten Anteil des Erdöls, extrahiert; das Pech geht in Lösung und seine Menge kann nach dem Abdestillieren des Lösungsmittels gefunden werden. Der Asphalt bleibt als unlösliches, tiefschwarzes Pulver zurück. (Vgl. Nachträge über den Bergteer von Pechelbronn).

Wenn man bei der Bestimmung des Gesamtbitumens im Asphalt durch Chloroform ausgezogen und weiter auf dem Filter mit Chloroform gewaschen hat, entsteht nach H. Endemann[3]) in den vereinigten Filtraten nach längerem Stehen ein Niederschlag, der aus den Mineralsalzen der Asphaltinsäure besteht. Durch Filtrieren, Trocknen und Wägen kann seine Menge ermittelt werden. Die quantitative Bestimmung der Basen kann auf dem gewöhnlichen Wege erfolgen (vgl. auch die Angaben von Endemann, S. 86 u. ff.).

Bei einem Rückblick auf die in Vorstehendem entwickelten Methoden zu einer chemischen Untersuchung der Asphalte vermissen wir die Einheitlichkeit der Gesichtspunkte, die dabei maßgebend sein müßte. Jeder Forscher, der sich mit dieser Frage beschäftigt hat, bedient sich einer anderen Methode zur Trennung der einzelnen Bestandteile und die Verschiedenartigkeit derselben läßt keinen Vergleich der erzielten Resultate untereinander zu. Solange die nähere Zusammensetzung der verschiedenen, den Asphalt zusammensetzenden Bestandteile nicht genauer bekannt ist, schweben alle diese Methoden mehr oder weniger in der Luft und sind bloß rein empirischer Natur.

Noch dürftiger sind unsere Erfahrungen über die Trennung der Bestandteile der künstlichen Asphalte; außer Carnelly[4]), welcher das Steinkohlenteerpech zum Gegenstand seiner Untersuchungen genommen hat, hat sich an diesem Problem, wie es scheint, kein weiterer Forscher versucht, doch ist wohl

[1]) loco cit. — [2]) Inauguraldissertation, Basel 1902. — [3]) Journ. Soc. Chem. Ind. 16, 121. Chem. Zentralbl. 1897, 1, 781. — [4]) Journ. Chem. Soc. 37, 714.

zu erwarten, daß G. Kraemer und seine Mitarbeiter ihre Forschungen auf dem Gebiet des Steinkohlenteers auch auf das Pech, und hoffentlich mit dem gleichen Erfolge, ausdehnen werden, der ihre seitherigen Arbeiten so außerordentlich wertvoll und fruchtbringend gestaltet hat.

2. Bestimmung der elementaren Bestandteile der Asphalte.

Die Bestimmung des Kohlenstoffs, Wasserstoffs und Stickstoffs der Asphalte geschieht nach dem gewöhnlichen Verfahren der Elementaranalyse. Dazu teilt Peckham[1]) aus seiner Praxis mit, daß man dabei insofern Schwierigkeiten hat, als man häufig zu wenig Kohlenstoff findet, Schwierigkeiten, die sich bei Kohlenwasserstoffen mit hohem Siedepunkt und festem oder halbflüssigem Aggregatzustand öfters ergaben. Richardson[2]) vermutet, daß der Grund hierzu einmal in der gleichzeitigen Anwesenheit von Schwefel und Stickstoff, und ferner im Auftreten von Azetylen und anderen ungesättigten Verbindungen bei der Verbrennung des Asphalts liegt. Bei der Verbrennung derartiger und auch leichtflüchtiger Kohlenstoffverbindungen empfiehlt daher Schieffelin[3]) die Anwendung mehrerer, untereinander verbundener Verbrennungsröhren.

Zur Bestimmung des Schwefels in Asphalt sind mehrere Methoden im Gebrauch. Vielfach wird Carius' bewährte Methode zur Bestimmung des Schwefels in organischen Substanzen durch Oxydation mit rauchender Salpetersäure in der Einschmelzröhre benutzt. Nach Hicks[4]) verfährt man dabei zweckmäßig so, daß man zunächst nur eine verhältnismäßig niedrige Temperatur einhält, nach dem Erkalten den Druck durch Öffnen der Kapillare abläßt, das Rohr wieder zuschmelzt und die Reaktion nun bei höherer Temperatur zu Ende führt.

S. F. und H. E. Peckham[5]) verwerfen das Verfahren und beschreiben folgende, von ihnen mit gutem Erfolge angewendete Bestimmungsweise. 2 g Asphalt mit 16 g eines Gemenges von gleichen Teilen Natriumkarbonat und Kaliumnitrat gemischt, werden in kleinen Portionen in einem Platintiegel bei dunkler Rotglut geschmolzen und die Schmelze in Wasser gelöst. Die Lösung wird unter Zusatz von Salzsäure zur Abscheidung der Kieselsäure unter den bekannten Vorsichtsmaßregeln zur Trockne verdampft und die Lösung des Rückstandes mit Chlorbaryum gefällt.

Nach Richardson[6]) ist es unmöglich, das Peckhamsche Verfahren ohne Verlust an Schwefel auszuführen; man erhält dagegen genaue Resultate bei der Oxydation des Asphalts mit starker Salpetersäure unter Zusatz von etwas chlorsaurem Kali im offenen Gefäß.

Lidow[7]) ändert das Oxydationsverfahren mit der Sodasalpetermischung

[1]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1897, p. 996. Zeitschr. f. angew. Chem. 1898, S. 329. — [2]) Ebend. — [3]) Ebend. — [4]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1897, p. 996. Zeitschr. f. angew. Chem. 1898, S. 329. — [5]) Ebend. — [6]) Ebend. — [7]) Journ. russ. phys.-chem. Ges. zu St. Petersburg 31, 567. Zeitschr. f. angew. Chem. 1898, S. 296.

dahin ab, daß er 1 g des Bitumens in chemisch reinem Äther oder einem sonstigen leichtflüchtigen Lösungsmittel auflöst und die Lösung im Mörser mit 30 g eines Gemisches von 17 Tln. Kalisalpeter und 13 Tln. Soda mischt. Nachdem das Lösungsmittel verdunstet ist, wird das Gemisch in eine rotglühende Platinschale von 250 bis 300 ccm Inhalt eingetragen und nach dem Schmelzen der Schwefel wie üblich als Baryumsulfat bestimmt. Nach Pellet[1]) ist es dabei wichtig, die Erhitzung mit einer von Schwefel freien Flamme (Alkohol, Benzin usw.) vorzunehmen.

Eschka[2]) verwendet statt der Sodasalpetermischung ein Gemenge aus gebrannter Magnesia und Ammoniumnitrat, eine Methode, welche Hodgson[3]) infolge ihrer Genauigkeit und Bequemlichkeit allen anderen Methoden vorzieht.

Henriques[4]) kombiniert die Oxydation der Substanz durch Salpetersäure im offenen Gefäß mit einer nachfolgenden Schmelze durch Sodasalpetermischung und kann diese Methode, die übrigens schon von Kayser[5]) angewendet worden ist, als die technisch bequemste unbedingt empfehlen. Man wiegt 1 g der zu analysierenden Probe ab, während man inzwischen ein kleines, außen unglasiertes Porzellanschälchen von 6 cm Durchmesser und 30 ccm Inhalt mit einem Glasstäbchen versehen zu einem Drittel mit reiner, konzentrierter Salpetersäure (spez. Gew. 1,4) beschickt, auf dem Wasserbade erwärmt hat. Man trägt nun ein wenig der abgewogenen Substanz ein, bedeckt mit einem Uhrglase und erwärmt weiter, bis lebhafte Entwickelung roter Dämpfe den Beginn der Zersetzung anzeigt. Jetzt fährt man mit dem Eintragen der Substanz unter jeweiliger Lüftung des Uhrgases in der Weise fort, daß die Reaktion weder aufhört noch zu stürmisch wird, indem man das Schälchen je nachdem entweder auf dem heißen Wasserbade beläßt oder auch abhebt. Man hat so die Regulierung des Prozesses ganz in der Hand. Ist alle Substanz eingetragen, so erhitzt man noch einige Zeit bei bedecktem Schälchen weiter, bis die Substanz völlig zergangen ist und die Entwickelung roter Dämpfe nachläßt. Alsdann nimmt man das Uhrglas ab, wischt es sorgfältig mit kleinen Schnitzelchen Filtrierpapier ab, die man in die Säure fallen läßt und dampft nun bis zur Sirupskonsistenz ein; dann fügt man noch ein gleiches Quantum Salpetersäure, wie zu Anfang, hinzu und dampft ein zweites Mal ein, was in allen Fällen genügt.

Ist die Salpetersäure möglichst vollkommen verjagt, so verrührt man den Sirup in der Wärme möglichst vollkommen mit einem feinpulverigen Sodasalpetergemisch (5 : 3), das so sorgfältig hergestellt sein muß, daß es keine größeren Salpeterkriställchen mehr enthält und von dem im ganzen etwa 5 g zur Anwendung gelangen. Man beläßt nötigenfalls noch auf dem Wasserbade, bis keine Kohlensäure mehr entweicht, und überstreut schließlich noch das Schmelzgemisch mit Sodasalpetermischung, bevor man die Schmelze ausführt. Diese hat im anfang sehr vorsichtig zu erfolgen, wenn man eine plötzliche Verpuffung vermeiden will.

---

[1]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1900, S. 811. — [2]) Journ. Am. Chem. Soc. 1898, p. 882. — [3]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1898, S. 1141. — [4]) Ebend. 1899, S. 802. — [5]) loco cit. S. 4.

Man setzt hierzu das Schmelzschälchen etwa 5 cm über eine ganz kleine Bunsenflamme, die dann langsam höher geschraubt wird, und überdeckt das erstere noch mit einem zweiten Schälchen derselben Form (Hohlseite nach unten). Wird die Verpuffung dann doch einmal eine heftigere, so bleiben weggeschleuderte Teilchen in der Deckschale haften, in welcher sie später für sich mit Sodasalpeter geschmolzen werden können. Unter normalen Verhältnissen aber schwärzt sich die Masse allmählich an den Rändern und kann dann kräftiger geschmolzen werden, während in der Deckschale sich nur braune, schwefelfreie Destillationsprodukte festsetzen. Die Dauer der Schmelze, die man gegen den Schluß nach Abnahme der Deckschale durch Rühren mit dem mit der Tiegelzange gefaßten Glasstäbchen beschleunigt, beträgt 1 bis $1^1/_2$ Stunden.

Nach dem Erkalten wird die Schmelze mit kochendem Wasser behandelt und filtriert, wobei der Gesamtschwefel als Alkalisulfat ins Filtrat übergeht, während man auf dem Filter etwa vorhandene Metalle in Form von Karbonaten oder Oxyden findet. Manche Asphalte enthalten auch Silizium [1]) in organisch gebundener Form; man verdampft daher zweckmäßig das Filtrat unter Zusatz von etwas Salzsäure zur Trockne, macht die Kieselsäure in bekannter Weise unlöslich, zieht mit Wasser aus und filtrirt ein zweites Mal. Im Filtrat bestimmt man schließlich den Schwefel in Form von Baryumsulfat wie üblich.

Nach einem anderen Verfahren schließt man den Asphalt durch Schmelzen mit einem Gemisch aus Soda und Ätznatron auf und oxydiert die in der Schmelze vorhandenen Sulfide durch Natriumsuperoxyd, worauf man den Schwefel als Baryumsulfat ausfällt. Auch diese Methode wurde von Hodgson) geprüft und als zuverlässig befunden.

v. Konek [2]) bedient sich zur Bestimmung des Schwefels in bituminösen und allen organischen Körpern gleichfalls des Natriumsuperoxyds und führt die Arbeit in dem bekannten Parrschen [3]) Natriumsuperoxydkalorimeter aus. Die Bestimmung in diesem Apparate soll sich den anderen Methoden gegenüber in so kurzer Zeit ausführen lassen, daß v. Konek sein Verfahren geradezu als „Rapid"-Schwefelbestimmungsmethode bezeichnet. Da er bei seinen kalorimetrischen Ermittelungen nach Parrs Originalvorschriften verfahren hat und eine detailierte Beschreibung des einzuschlagenden Weges zudem von G. Lunge [4]) gegeben worden ist, so kann auf diese Publikationen verwiesen werden.

„Auf die Heizwertbestimmung (die natürlich bei Asphalten nie in Frage kommen wird, K.) kann nun unmittelbar die Ermittelung des Schwefelgehaltes folgen; zu diesem Zwecke entfernt man die Bombe aus dem Wasserbehälter des Kalorimeters, schraubt den Ventildeckel herunter und spült letzteren mit kaltem Wasser in ein Becherglas von 700 ccm Inhalt gut ab; hierauf stellt man die geöffnete Bombe selbst in geneigter Lage in den Becher und fügt zur

---

[1]) Vgl. Le Bel und Muntz, Bull. Soc. Chim. [2] 17, 156. Le Bel, Ebend. [2] 50, 359. — [2]) Zeitschr. f. angew. Chemie 1903, S. 516. — [3]) Journ. Am. Chem. Soc. 22, 646; Chem. Zentralbl. 1900, II, 1050. — [4]) Zeitschr. f. angew. Chemie 1901 S. 793.

Zersetzung ihres Inhaltes etwa 10 ccm kaltes Wasser hinzu und bedeckt das Glas sofort mit einem gut aufliegenden Uhrglas; nach einigen Minuten schäumt der Stahlzylinder kochend über und ergießt den größeren Teil seines Inhaltes in das Becherglas. Nachdem die erste, heftige Reaktion vorüber, hebt man die heiße Bombe mit einer Tiegelzange heraus, stellt sie in ein kleines Porzellanschälchen und spült sie noch einige Male mit wenig kaltem Wasser so lange in- und auswendig ab, bis das abtropfende Wasser kaum mehr alkalisch reagiert; hierauf entfernt man noch aus dem Becherglas dasjenige Stückchen Eisendraht, welches zum Entzünden des Natriumsuperoxydgemisches diente und beim Abspülen der Bombe hineingelangte. Sparsam mit Wasser, so daß im Gefäße höchstens 200 ccm Flüssigkeit enthalten seien! Nachdem auf diese Weise der gesamte Bombeninhalt quantitativ in das Becherglas übergeführt ist, neutralisiert man die darin befindliche, stark alkalische, Natriumsuperoxydhydrat, Natriumkarbonat und Sulfat enthaltende Lösung bei bedecktem Glase vorsichtig mit 40 ccm reiner, konzentrierter Salzsäure, kocht auf, entfernt Spuren unverbrannter Kohle oder anderer Verunreinigungen durch Filtration und fällt in dem siedenden Filtrat auf bekannte Weise die gebildete Schwefelsäure mit Chlorbaryum. Selbstverständlich ist erste Bedingung der Brauchbarkeit des Na_2O_2 zu Schwefelbestimmungen, daß dieses chemisch rein und hauptsächlich absolut frei von Schwefelverbindungen sei."

Bei der Bestimmung des Schwefels in flüssigen Körpern, wie Erdöl usw. erleidet der erste Teil der Methode, die Herstellung des Superoxydgemisches, einige Veränderungen. Zur Abwägung der Substanz dienen etwa 20 ccm fassende, pyknometerähnliche Tropfgefäße, deren Ausflußröhrchen mit dichtschließender aufgeschliffener Glaskappe versehen sind. Auf ein Maß Na_2O_2 verwendet man zweckmäßig 15 bis 20 Tropfen — ungefähr 0,3 g — Öl. Das auf das Superoxyd geträufelte Öl wird mit Hilfe eines dünnen Glasstabes mit ersterem innig gemischt und der Glasstab mit etwas Na_2O_2 abgespült. Bei Gegenwart flüchtiger Substanzen muß die Bombe hierauf sofort geschlossen werden. Die Entzündung des Bombeninhaltes macht beim Vorliegen flüssiger Substanzen manchmal Schwierigkeiten, weil diese sich mit dem Superoxyd nicht so innig mischen lassen, wie pulverförmige Körper, und es daher vorkommen kann, daß der glühende Draht auf eine Superoxydschicht fällt, welche keine organische Substanz enthält. Man beseitigt diesen Mißstand, indem man nach dem Einrühren des Öls auf die Superoxydoberfläche 0,1 bis 0,2 g reine, trockene, staubfeine Weinsäure oder Rohrzucker streut. Die kalorimetrische Bestimmung hat natürlich in diesem Falle zu unterbleiben. Besondere Vorsicht erfordert hier auch die Zersetzung des Bombeninhaltes mit Wasser; man darf das letztere nur tropfenweise und äußerst langsam hinzufügen, weil sonst leicht heftige Explosionen eintreten können, die von noch unzersetzten Kohleteilchen hervorgerufen werden.

Bei der Bestimmung des Schwefelgehaltes in Asphalten nach dem „Rapid"-Verfahren benutzt man zum Abwägen der Substanz zweckmäßig kleine, mit Ausguß versehene Kristallisierschälchen, in welchen man das Bitumen durch kurzes Erwärmen auf 70 bis 90° tropfbar flüssig macht. Härtere Asphalte

lassen sich leicht in gepulverter Form zur Anwendung bringen. Gleichzeitig erwärmt man im Trockenschrank ein halbes Maß Na_2O_2, läßt 0,3 bis 0,4 g des geschmolzenen Asphalts zutropfen, mischt so gut als möglich und bringt das Gemenge noch warm vermittelst eines kleinen kupfernen Trichters in die Bombe; die zweite Hälfte des Superoxyds dient zum Nachspülen von Schälchen, Glasstab und Trichter, und nachdem man noch, wie oben, 0,1 bis 0,2 g Weinsäurepulver aufgestreut hat, schließt man die Bombe und verfährt, wie beschrieben. Die Zersetzung des Bombeninhaltes mit Wasser hat noch vorsichtiger zu geschehen als bei dünnflüssigen Stoffen, weil die Mischung zähflüssiger Substanzen mit Na_2O_2 nicht ohne Klümpchenbildung möglich ist. Übrigens ist die die Explosionen verursachende abgeschiedene Kohle, wie v. Konek sich überzeugt hat, frei von Schwefel, weil dieser eben von Natriumsuperoxyd viel schneller oxydiert wird als der Kohlenstoff.

Folgendes sind die Resultate einiger Analysen, die nach dieser Methode ausgeführt wurden:

	S in Prozenten nach	
	„Rapid"-Methode	Carius
1. Bitumen von Trinidad (älteres Muster)	3,52	—
2. Bitumen von Trinidad (neueres Muster)	3,56	—
3. Bitumen von Derna-Tataros in Ungarn	0,56	0,30

Als Hauptvorzug der Methode rühmt v. Konek besonders die Schnelligkeit und die damit verbundene Zeitersparnis. In vielen Fällen von großem Wert ist natürlich auch der Umstand, daß gleichzeitig damit die Bestimmung der molekularen Verbrennungswärme und des Heizeffektes verbunden werden kann. In 10 bis 20 Minuten ist der Schwefelgehalt jedweder organischen Verbindung in Form von schwefelsaurem Baryt quantitativ zur Abscheidung gebracht, ein Erfolg, den wohl keine einzige der seither üblichen Methoden zur Bestimmung des Schwefels in organischen Körpern aufzuweisen hat.

Unabhängig von v. Konek hat übrigens auch gleichzeitig E. Sundstrom[1]) den Rückstand der Parrschen Bombe, bzw. das Natriumsuperoxyd, zur Bestimmung des Schwefels in Kohlen und Koks benutzt und gleichfalls sehr befriedigende Resultate damit erzielt.

Mabery[2]) verbrennt rohes Erdöl, Asphalt usw. im Sauerstoff- oder Luftstrom und leitet die Verbrennungsgase durch titrierte Kalilauge. Das zu untersuchende Produkt wird, in ein Platinschiffchen gefüllt, in einem weiten Kaliglasrohr im Luft- oder Sauerstoffstrom verbrannt und die Gase mit einem beständigen Kohlensäurestrom in eine U-förmige, mit Glasstückchen und titrierter

[1]) Journ. Am. Chem. Soc. 25, 184; Chem. Zentralbl. 1903, I, S. 786; Journ. Soc. Chem. Ind. 1903, p. 381. — [2]) Am. Chem. Journ. 1894, p. 544.

Kalilauge beschickte Vorlage geleitet. Nach Beendigung der Verbrennung wird unter Anwendung von Methylorange, einem gegen Kohlensäure unempfindlichen Indikator, zurücktitriert und aus dem Verbrauch an Maßflüssigkeit der Schwefelgehalt des verbrannten Produktes berechnet.

In sehr sinnreicher Weise erfolgt die Bestimmung des Schwefels in Petroleum nach den Methoden von Hensler[1], C. Engler[2], R. Kißling[3] und Ohlmüller[4] durch Verbrennung des Öls in einer kleinen Lampe und Durchsaugen der Verbrennungsgase durch irgend eine Absorptionsflüssigkeit, wie Permanganatlösung (Hensler, Kiesling), alkalische Bromlösung (Engler) oder Kaliumhydrokarbonatlösung (1 : 20, Ohlmüller). Diese vier Methoden wurden von S. Friedlaender[5] einer vergleichenden Prüfung unterzogen und dabei gefunden, daß dieselben hinsichtlich der Genauigkeit der Resultate vollkommen gleichwertig sind. Ein Haupterfordernis dabei ist ein völlig rußfreies Brennen der Flamme, sowie eine wirksame Absorptionsflüssigkeit für die Gase. Wenn man nach dem Vorgang Holdes[6] den Asphalt in einem schwefelfreien Petroleum in solcher Menge löst, daß er sich in der Lampe verbrennen läßt, kann man eine dieser Methoden auch mit Vorteil zur Bestimmung des Schwefelgehalts im Asphalt verwenden. Wir geben in Nachstehendem das Verfahren von Engler, als das in der Praxis meistens übliche und verweisen bezüglich der anderen auf die Originalliteratur, sowie auf die Abhandlung Friedlaenders.

Auf der kleinen Lampe *L* (Fig. 150), die mit dem zu untersuchenden Petroleum, bzw. der Lösung des zu untersuchenden Asphalts in solchem, gefüllt wird, ist mittels des Korkstopfens *K* der Zylinder *C* luftdicht aufgesetzt. Der Korkstopfen trägt eine Metallkapsel *M*, welche die zur Verbrennung erforderliche Luft vermittelst der beiden Röhrchen *r* in den Verbrennungsraum führt; die Metallkapsel endigt oben in eine siebartig durchlöcherte Platte, die eine gleichmäßige Verteilung der zugeführten Luft bewirkt. An den Zylinder ist eine rechtwinklig gebogene Glasröhre *G* angeschmolzen, durch welche die Verbrennungsprodukte in das Absorptionsgefäß *A* gesaugt werden. Dieses Gefäß ist fast bis zur Hälfte mit Glasstückchen gefüllt und wird mit 20 bis 25 ccm Absorptionsflüssigkeit beschickt. An das Absorptionsgefäß schließt man eine Munckesche Waschflasche, um einen Verlust an Absorptionsflüssigkeit durch Fortreißen während des lebhaften Saugens zu vermeiden. Die nicht absorbierten Gase werden durch den zur Saugpumpe führenden Schlauch *S* abgesaugt.

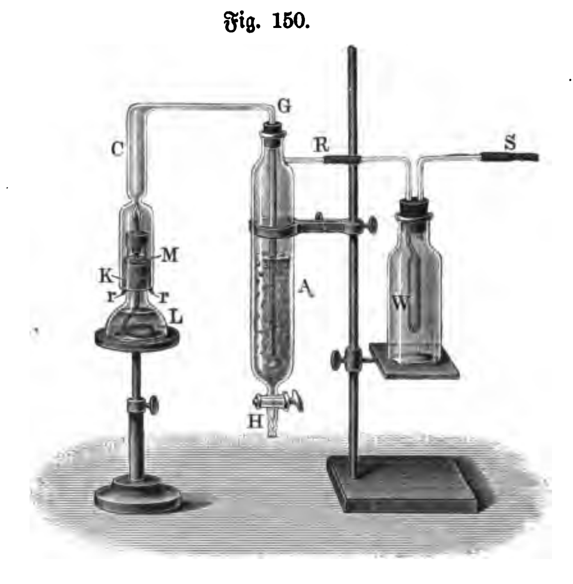
Nach Beendigung der Verbrennung werden durch den Hahn *H* 20 bis 25 ccm Wasser in das Absorptionsgefäß gesaugt, dann einige Minuten hindurch Luft durch den ganzen Apparat aspiriert und das Wasser wieder abgelassen; diese Operation muß einige Male wiederholt werden.

---

[1]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1895, S. 285. — [2]) Chem.-Ztg. 1896, S. 197. — [3]) Ebend. 1896, S. 199. — [4]) Arb. aus dem Kaiserl. Ges.-Amt, Berlin 1899, 15, 366. — [5]) Chem. Ind. 1899, S. 343. — [6]) Lunge, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden 3, 34.

Zur Darstellung der von Engler benutzten Absorptionsflüssigkeit versetzt man eine fünfprozentige Kaliumkarbonatlösung mit elementarem Brom, bis eine deutlich gelb gefärbte Flüssigkeit entsteht, welche man entweder mehrere Tage an der Luft stehen läßt, oder durch welche man so lange einen Strom von schwefelfreier Luft leitet, bis sie wieder entfärbt ist. Man prüft einen Teil der farblosen Lösung durch Ansäuern mit Salzsäure und Versetzen mit Chlorbaryumlösung auf etwaige Anwesenheit von Schwefelsäure und verwendet den gut befundenen Rest zur Absorption der Verbrennungsgase.

Fig. 150.



Die nach Beendigung der Verbrennung aus dem Absorptionsgefäß abzulassende Flüssigkeit wird mit Salzsäure übersättigt und in der Siedehitze mit Chlorbaryumlösung ausgefällt. Folgende Tabelle zeigt die Versuchsdauer und Versuchsresultate der vier Methoden an ein und demselben Petroleum:

Methode	Angewandt g	Brenndauer	Schwefelgehalt in Proz. S
Heusler	13,86	2 St. 20 Min.	0,0286
Engler	11,05	4 „ 56 „	0,0286
Kießling	11,71	2 „ 04 „	0,0280
Ohlmüller	12,74	— „ 31 „	0,0284

Bei den Bitumenen der natürlichen Asphalte kann der Schwefel infolge ihrer Bildungsweise sowohl in freiem Zustande, als auch in organisch gebundener Form vorkommen. Es ist daher nach Endemann[1]) nicht gleichgültig, welches Lösungsmittels man sich bei der Extraktion des Bitumens bedient. Handelt es sich darum, den freien Schwefel im Rückstande zu erhalten, so sind Schwefelkohlenstoff und alle Schwefel lösenden Lösungsmittel zu verwerfen und die Extraktion lediglich mit einer reichlichen Menge Chloroform auszuführen.

[1]) Journ. Soc. Chem. Ind. 17, 1005. Wagners Jahresber. 1898, S. 1205.

3. Unterscheidung der natürlichen von den künstlichen Asphalten und Nachweis der letzteren in Gemischen mit ersteren.

Bisweilen [1]) kommt man in die Lage, Steinkohlenteerpech von natürlichem Asphalt (zumal in Gemengen, seltener von Braunkohlen- oder Holzteerpech usw.) unterscheiden zu müssen. Hier genügt es in den meisten Fällen schon, eine Probe im Tiegel zu erhitzen, um an dem stechenden, die Schleimhäute heftig reizenden Geruch des Teerpechdampfes dieses von dem einen angenehmen, bituminösen Geruch verbreitenden natürlichen Asphalt zu unterscheiden. Sehr charakteristisch für dasselbe ist auch die hervorragende grünblaue Fluoreszenz, welche selbst schwache Lösungen desselben in Benzol, Schwefelkohlenstoff, Chloroform, Benzin usw. zeigen.

Wie C. Meinecke [2]) gezeigt hat, gibt auch der mikroskopische Befund einigen Aufschluß über die Natur des Asphalts. Er stellt die mikroskopischen Präparate durch Streichen des Asphalts über einen erhitzten Objektträger her. Der syrische Asphalt stellt, mikroskopisch betrachtet, eine gelbbraune, durchsichtige, homogene Masse dar. Ganz ähnlich, jedoch nicht so feurig gefärbt, zeigt sich das Braunkohlenteerpech unter dem Mikroskop, während das Steinkohlenteerpech in einer goldgelben Grundmasse unzählig viele Kohlepartikelchen erkennen läßt, gegen welche die Grundmasse zurücktritt. Beim Trinidadasphalt ist die gelbbraune Grundmasse mit größeren und kleineren Steinchen, zwischen denen sich kleinere Partikelchen unbekannter Natur (Kohle?) befinden, dicht durchsetzt. Durch gekreuzte Nicols betrachtet, ergeben die Strichpräparate nichts Bemerkenswertes.

Nach R. Kayser [3]) ist das spektroskopische Verhalten der verschiedenen Asphalte ein ausgezeichnetes Mittel zur Unterscheidung der natürlichen von künstlichen Produkten. Über die Ausführung derartiger Untersuchungen verweist er auf H. W. Vogels „Praktische Spektralanalyse irdischer Stoffe". Zur Untersuchung der Absorptionsspektren verwendet Kayser Lösungen der Asphalte in Chloroform von möglichst gleicher Farbenintensität. Die Figuren 151 bis 162 (a. S. 347 bis 349) zeigen eine graphische Darstellung der bei diesen Versuchen erhaltenen Resultate. Besonders charakteristisch für die Asphalte aus Syrien und Trinidad sind die zwischen den Linien D und E mit α, β und γ bezeichneten Absorptionsstreifen, welche auf ihre in Weingeist und Äther löslichen Bestandteile zurückzuführen sind, da der in denselben unlösliche Teil diese Streifen nicht zeigt. Unterscheidend für den in Weingeist und den in Äther löslichen Teil ist für den ersteren der starke Absorptionsstreifen bei γ, welcher dem in Äther löslichen Bestandteil fehlt, wofür jedoch in letzterem der Streifen bei β viel stärker hervortritt.

Die Absorptionsspektren des Asphalts von Pechelbronn und seiner Bestandteile, sowie des Asphalts aus Steinkohlenteer zeigen diese Streifen nicht.

---

[1]) Vgl. Lunge-Köhler, Ind. des Steinkohlenteers u. Ammoniaks, 4. Aufl., 1, 436. — [2]) Chem.-techn. Unters. über Trinidadgoudron. Biebrich, Verlag von Mattar u. Gaßmus. — [3]) loc. cit. S. 29 u. f.

Nach Léon Malo [1]) bedient man sich zur Unterscheidung des natürlichen vom künstlichen Asphalt im Laboratorium der École des ponts et chaussées in Paris des folgenden, von Durand-Claye angegebenen Verfahrens: Die zu untersuchende Substanz (meistens Proben von Stampfasphalt oder Gußasphalt) wird zur Trennung von den ihr beigemengten mineralischen Bestandteilen mit Schwefelkohlenstoff extrahiert, der Auszug abdestilliert und

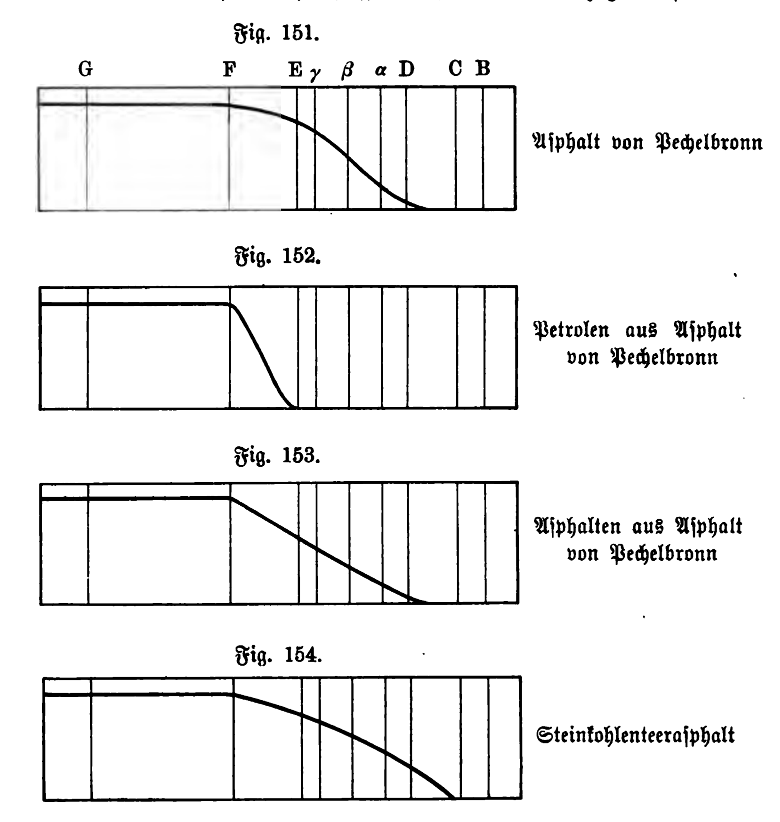


Fig. 151.

Fig. 152.

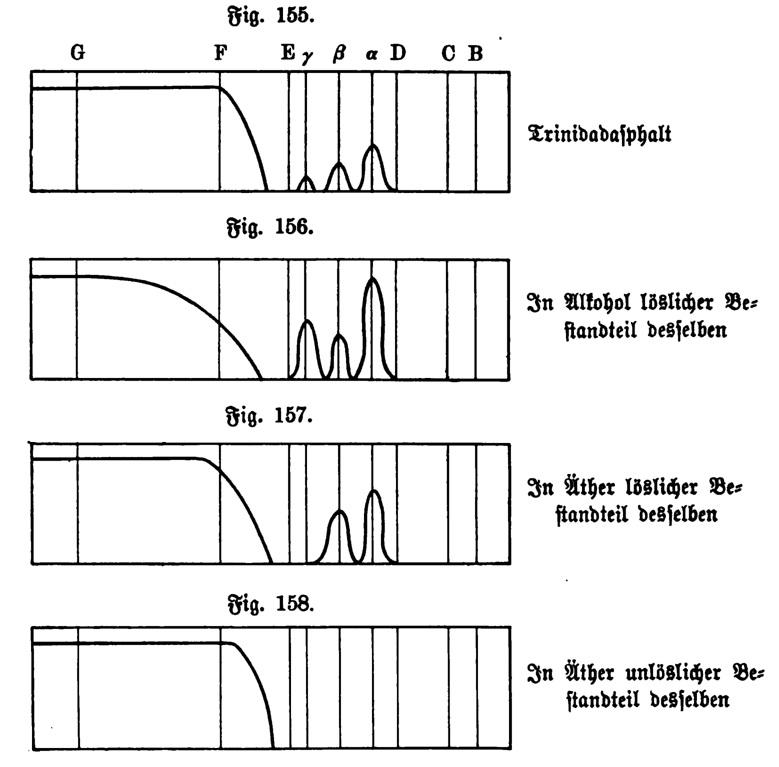
Fig. 153.

Fig. 154.

der Rückstand so lange bei mäßiger Wärme getrocknet, bis er beim Abkühlen fest und brüchig wird. Er wird alsdann pulverisiert und davon in einem Reagenzglase 0,1 g mit 5 ccm Schwefelsäure von 66° B übergossen. Man läßt die Probe verschlossen 24 Stunden stehen und versetzt sie vorsichtig aus einer Pipette mit 10 ccm Wasser, dabei jede stärkere Erwärmung vermeidend. Hierauf bringt man das Ganze auf ein Filter und spült mit 100 ccm Wasser nach. Das Filtrat ist bei reinem natürlichem Bitumen farblos oder höchstens schwach gefärbt, bei Steinkohlenteerpech aber dunkelbraun, fast schwarz aussehend.

[1]) Ann. des ponts et chaussées 1879, t. II.

C. Meinecke[1]) schüttelt 0,1 g des aschefreien Asphalts mit 10 ccm rauchender Schwefelsäure (Stärke?) und findet bemerkenswerte Unterschiede, welche besonders in dünner Schicht, also beim Neigen und Wiederaufrichten des



Reagenzglases an der Wandung des letzteren hervortreten. Das an der Gefäßwandung zurückfließende Liquidum ist bei

1. amerikan. Asphalt: braun mit Stich ins Graue,
2. syrischem „ : braun,
3. Trinidad- „ : braun,
4. Braunkohlenteerpech: grau, ins Braune spielend,
5. Steinkohlenteerpech: grauschwarz, Spur grünlich, streifig (von Kohlepartikeln herrührend).

Daraus geht hervor, daß die natürlichen Asphalte eine mehr braune, die künstlichen dagegen eine graue Mischung ergeben.

Meinecke unterzieht ferner diese Schwefelsäuremischungen nach 24stündigem Stehen einer mikroskopischen Prüfung, um eine mehr oder weniger große Verkohlung bei den verschiedenen Asphalten beobachten zu können. Scharf von den übrigen Asphalten unterschieden ist nur das Steinkohlenteerpech durch

[1]) loc. cit. S. 36.

das Auftreten von intensiv schwarzen, verhältnismäßig großen Kohlepartikelchen von annähernd gleicher Dimension, die in unregelmäßig verzweigten Reihen und regellos gezackten Flächen angeordnet sind. Die Asphalte von Syrien, Trinidad und Amerika, sowie das Braunkohlenteerpech zeigen unter sich ähn-

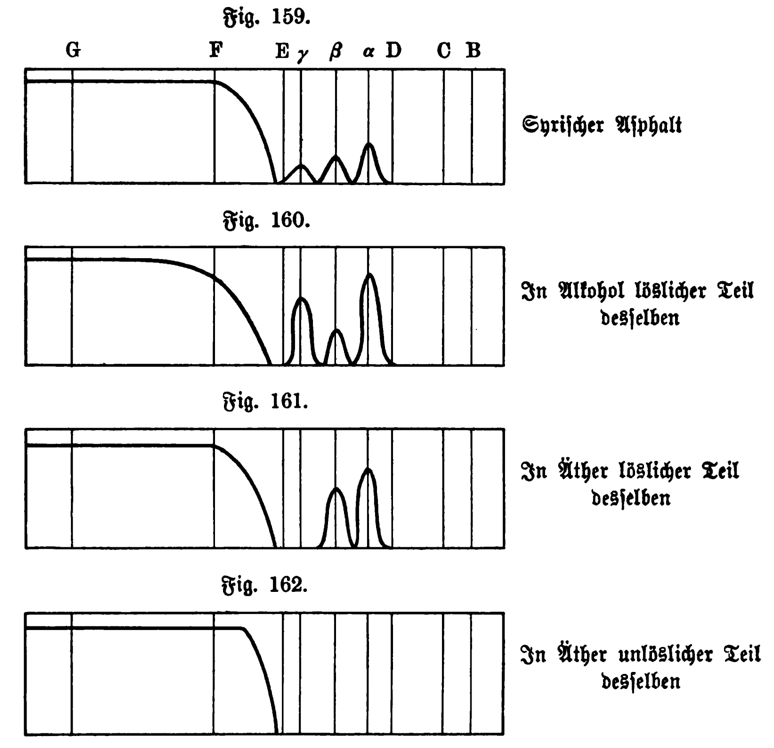


Fig. 159. Fig. 160. Fig. 161. Fig. 162.

liche, dunkle, mückenschwarmähnlich gelagerte Partikelchen, so daß eine Unterscheidung derselben auf diesem Wege kaum möglich ist.

Die Clayesche Reaktion, in der Weise ausgeführt, daß man die oben erwähnte Schwefelsäuremischung unter Umschütteln in etwa 15 bis 20 ccm Wasser gießt und hierauf auf 100 ccm auffüllt, ergibt, wenn man das Filtrat in 18 mm weite Reagenzrohre gießt, nach Meinecke folgende Resultate:

1. Amerikan. Asphalt: schwach gelbbraune Lösung,
2. Syrischer „ : gelbbraun, heller als Nr. 1,
3. Trinidad- „ : gelbbraun, heller als Sherry,
4. Braunkohlenteerpech: dunkelbraun, es läßt sich noch durchlesen,
5. Steinkohlenteerpech: schwarz, undurchsichtig.

Zum Nachweis von Steinkohlenteerasphalt in natürlichem Asphalt kann man sich nach Léon Malo[1]) der Clayeschen Reaktion be-

[1]) loc. cit.

dienen, und auf kolorimetrischem Wege annähernd die Menge der Verfälschung feststellen, wenn man sich Proben von natürlichem Asphalt mit verschiedenem Prozentgehalt an Steinkohlenteerpech herstellt und die Intensität der Färbungen der wässerigen Filtrate vergleicht.

Der Nachweis von Steinkohlenteerpech in natürlichem Asphalt gelingt nach Hauenschild[1]) auch leicht, wenn man 1 g des Materials auf etwa 200° erhitzt, nach dem Abkühlen pulverisiert und mit etwa 5 ccm absolutem Alkohol übergießt. Nach kurzem Stehen im Reagenzglase zeigt sich der Gehalt an Steinkohlenteerpech durch eine gelbliche Färbung des Alkohols, mit sehr deutlicher grünblauer Fluoreszenz, welche mit steigendem Gehalt an Pech ins Dunkelgelbe mit gelbgrüner Fluoreszenz übergeht.

Eine weitere, ebenfalls von Durand Claye[2]) angegebene Methode zur Nachweisung von Steinkohlenteer in natürlichem Bitumen beruht auf dem verschiedenen Verhalten der natürlichen und künstlichen Bitumene gegen Benzin und Alkohol. Man übergießt 1 g des pulverisierten Produkts in einem verschlossenen Gläschen mit 5 g rektifiziertem Benzin und schüttelt so lange, bis die Lösung fast schwarz erscheint. Dann filtriert man und läßt fünf bis sechs Tropfen des Filtrats in ein Reagenzglas fallen, in welchem sich 5 ccm Benzin und ebensoviel Alkohol von 85° Gay-Lussac befinden. Nach kräftigem Durchschütteln läßt man die Flüssigkeit absitzen, welche sich dabei in eine obere Benzin- und eine untere Alkoholschicht trennt. Die Färbung der letzteren gibt darüber Aufschluß, ob eine Verfälschung des natürlichen Asphalts mit Steinkohlenteerpech stattgefunden hat. Ist sie farblos, oder nur ganz licht gefärbt, so ist der Asphalt rein, zeigt sich dagegen eine goldbraune Färbung, so enthält er Steinkohlenteerpech.

Mischungen von Bitumen und Pech zeigen Mittelfarben; man soll auf diese Weise schon einen Gehalt von 10 bis 20 Proz. Steinkohlenteerpech im Asphalt auf kolorimetrischem Wege nachweisen können.

Nach J. Kovács[3]) ist es unmöglich, die Verfälschung eines Asphalts mit Petroleumrückständen u. dgl. unter einem Gehalt von 20 bis 25 Proz. quantitativ zu bestimmen, aber die Anwesenheit eines derartigen Zusatzes kann nach dem folgenden, von ihm in Gemeinschaft mit S. Sötét[4]) ausgearbeiteten Verfahren nachgewiesen werden.

Ein Muster des zu untersuchenden Asphalts wird mit Schwefelkohlenstoff ausgezogen, der filtrierte Extrakt auf dem Wasserbade eingedampft und der Rückstand bei 110° getrocknet. Der getrocknete Rückstand wird in dem zweieinhalbfachen seines Gewichts an Schwefelkohlenstoff gelöst und gleichzeitig eine ebenso konzentrierte Lösung von reinem Asphalt in Schwefelkohlenstoff hergestellt.

Man versetzt nun 1 ccm der Lösung in einem Reagenzglase mit $2^1/_2$ ccm Terpentinöl; dabei erhält man, falls das Produkt aus Steinkohlenteerpech bestand, eine hellbraune Lösung und einen hellbraunen Absatz, während die Lösung natürlicher Asphalte dunkel gefärbt bleibt und keinen Niederschlag gibt.

[1]) Vgl. E. Dietrich, Die Asphaltstraßen usw., S. 44. — [2]) Röthling, Der Asphalt, S. 35. — [3]) Chem. Rev. d. Fett- u. Harz-Ind. 1902, S. 156. Journ. Soc. Chem. Ind. 1902, p. 1077. — [4]) Ebend. 1900, S. 8. Journ. Soc. Chem. Ind. 1902, p. 564.

Versetzt man die Originallösung mit absolutem Alkohol im Verhältnis von 1 : 10, so erhält man bei Steinkohlenteerpech einen braunen Niederschlag; natürliche Asphalte liefern einen schwarzen, klebrigen, pechartigen Niederschlag, während Petroleumpech einen schwarzen, flockigen Absatz liefert. Wenn man diese Niederschläge abfiltriert und bei 90 bis 95° trocknet, so ist der von Steinkohlenteerpech erhaltene pulverig, matt und von hellbrauner Farbe, während der von natürlichem Asphalt schwarz, klebrig, von hohem Glanz ist und sich in der Wärme in feine Fäden ausziehen läßt. Bei Petroleumrückständen dagegen ist der Niederschlag schwarz, matt, erdig und zerbröckelt leicht zwischen den Fingern.

Schüttelt man 1 ccm der Originallösung mit nur 5 ccm absolutem Alkohol, so liefert Steinkohlenteerpech einen braunen Niederschlag und einen schwarzen, pechartigen Absatz, Petroleumpech ein schwarzes, schlammiges Präzipitat, während reine Asphalte schwarze Niederschläge oder pechartige zusammenhängende Absätze geben. Die über den Niederschlägen stehende Flüssigkeit ist rötlichbraun bei Petroleumpech und hellbraun bei Steinkohlenteerpech und reinen Asphalten.

Auf Filtrierpapier ausgebreitet und bei 90 bis 95° getrocknet, zeigen sich präzipitiertes Steinkohlenteerpech und Asphalte glänzend, pechähnlich, klebrig und festhaftend nach dem Erwärmen; Petroleumpech dagegen stumpf, zerreiblich, und hinterläßt einen durchscheinenden, öligen, braunroten Fleck auf dem Papier.

Die Unterscheidung der künstlichen Asphalte, von denen außer dem Steinkohlenteerpech nur das Braunkohlen-, Holzteer- und Stearinpech hier in Frage kommen, voneinander gelingt leicht durch Erhitzen derselben über einer freien Flamme. Der dabei auftretende Geruch ist für jedes Pech charakteristisch und erinnert für die Teerpeche lebhaft an den spezifischen Geruch der betreffenden Teere, für Stearinpech an den des verbrennenden Fettes. Brauchbar ist auch ihr Verhalten gegen Petroleumbenzin, in welchem das Steinkohlenteerpech nur äußerst schwierig und in geringen Mengen löslich ist, während sich darin das Braunkohlenteerpech[1]) fast völlig löst. Das Verhalten des Holzteer- und Stearinpechs gegen dieses Lösungsmittel gibt Davies[2]) wie folgt an:

	In Petrolbenzin		Asche	Schwefel
	löslich Proz.	unlöslich Proz.	Proz.	Proz.
Holzteerpech 1	24,44	75,56	0,20	0,69
„ 2	18,70	81,80	1,06	0,41
„ 3	15,86	84,14	0,48	0,59
Stearinpech	71,05	28,95	5,50	0,04

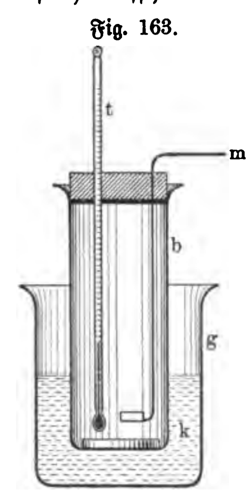
[1]) Vgl. Scheithauer, Muspratts Chemie, 4. Aufl., 6, 1982. — [2]) Chemist and Drug. 25, 504. Wagners Jahresber. 1884, S. 120.

Nach Buchanan[1]) läßt sich für das Steinkohlenteerpech sogar dessen Herkunft (ob aus Hochofen- oder Gas- und Zechenteer) mit Sicherheit durch die Bestimmung seines Aschengehaltes ermitteln. Teerpech enthält fast nie über 0,1 Proz., letzteres 6,8 bis 11,1 Proz. Asche; wenn ein Steinkohlenteerpech unter 1 Proz. Asche enthält, ist es sicherlich kein Hochofenpech. Da ein Hochofenpech auch für die Zwecke der Asphaltindustrie infolge seiner geringen Bindekraft und Elastizität minderwertig ist, ist diese Angabe nicht ohne Interesse.

4. Bestimmung des Schmelz- und Erweichungspunktes der natürlichen und künstlichen Asphalte.

Es braucht nicht besonders hervorgehoben zu werden, daß bei so komplizierten Gemischen verschiedenartiger Substanzen, wie sie in den natürlichen und künstlichen Asphalten vorliegen, von einem eigentlichen Schmelzpunkt nicht die Rede sein kann. Mit alleiniger Ausnahme vielleicht der harten syrischen, oder diesen ähnlichen Asphalten zeigen alle übrigen hierher gehörigen Produkte beim Erwärmen auf höhere Temperatur alle Stadien der Erweichung bis zur Schmelzung.

Fig. 163.



Zur Erzielung vergleichbarer Resultate unter gleichen Bedingungen verfahren C. F. Mabery und O. J. Sieplein[2]) bei der Bestimmung des Schmelzpunktes der Asphalte wie folgt. Der in Fig. 163 dargestellte Apparat besteht aus einem Glyzerinbad *g*, in welches ein schmaler Becher *b* eingesenkt ist, der mit einem Kork verschlossen ist. Letzterer dient zum Tragen des Thermometers *t* und des Metallstreifens *m*, welcher $^1/_2$ Zoll breit, unten mehrfach rechtwinklig umgebogen ist und als Träger für die Asphaltprobe dient. Notwendige Bedingungen für die Erzielung konstanter Resultate sind die Entfernung des Musters vom Thermometer ($^1/_8$ Zoll), die Entfernung des Metallstreifens vom Boden des inneren Becherglases, die Breite des Metallstreifens und die Dimensionen der Asphaltprobe.

Mabery und Sieplein formen die Proben aus dem durch Erwärmen erweichten Asphalt in solcher Größe, daß sie auf der metallenen Unterlage ringsherum $^1/_4$ Zoll vorstehen. Sie fanden, daß eine Differenz von fünf Minuten in der Dauer der Erwärmung keinen merklichen Einfluß auf das Resultat der Bestimmung hat. Ein auf den Boden des Bechers *b* gestelltes Schälchen von Kupferblech erleichtert die Reinigung des Apparates. Zerbröckelte Muster von Asphalt zeigten den niedrigsten Schmelzpunkt. Der Unterschied zwischen den

[1]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1894, p. 1098. — [2]) Journ. Am. Chem. Soc. 1901, p. 16. Journ. Soc. Chem. Ind. 1901, p. 394.

Resultaten der Kontrollbestimmungen und der ersten Bestimmung betrug meistens nur 2 bis 3° C, und gewöhnlich zeigten sich überhaupt keine Schwankungen. Für höhere Schmelzpunkte wäre natürlich an Stelle des Glyzerinbades ein Luftbad zu verwenden.

J. Kovács [1]) beschreibt folgenden Apparat zur Bestimmung des Härtegrades (resp. des Schmelzpunktes) des Asphalts. Auf einem Sandbade *S* (Fig. 164), 160 mm im Durchmesser und einer 10 mm hohen Lage von Sand befindet sich ein Becherglas *O* von ungefähr 110 mm Durchmesser und 160 mm Höhe, enthaltend die nötige Menge Öl oder Glyzerin, um das eingehängte

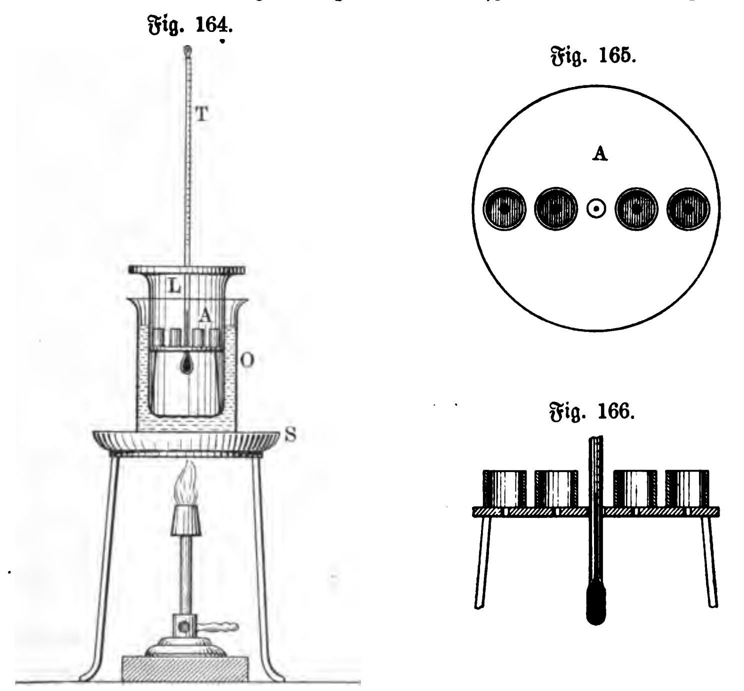


Fig. 164.

Fig. 165.

Fig. 166.

Becherglas *L* — von 90 mm Durchmesser und 160 mm Höhe — bis zu dreiviertel seiner Höhe zu bedecken. In diesem Luftbade wird der Tropfrahmen *A* untergebracht, welcher durch Fig. 165 in der Aufsicht und durch Fig. 166 im Querschnitt dargestellt ist. Er besteht aus einer 3 mm dicken, auf drei Füßen von 160 mm Höhe ruhenden Messingscheibe von 83 mm Durchmesser, welche in der Mitte ein Loch besitzt, um ein Thermometer hindurchzulassen und außerdem vier weitere Löcher von je 2 mm Durchmesser, um welche vier Messingzylinder von je 12 mm Durchmesser und 15 mm Höhe zentrisch gelötet sind. Unter dem Sandbade befindet sich ein Bunsenbrenner, dessen Flamme so reguliert wird, daß die Temperatur bei jeder Bestimmung ganz

[1]) Chem. Rev. d. Fett- und Harz-Ind. 1902, S. 156. Journ. Soc. Chem. Ind. 1902, p. 1077.

gleichmäßig steigt. Das Becherglas L wird mit einer Glas- oder besser Korkplatte bedeckt.

Zur Bestimmung des Härtegrades eines Asphalts wird $^1/_2$ g abgewogen, in eine Kugel geformt und diese für 10 bis 20 Minuten liegen gelassen. In jede der vier Tuben auf dem Tropfrahmen wird dann je eine der Kugeln gegeben und dieser sofort in das Luftbad gebracht nebst dem Thermometer, und außerdem noch ein Thermometer in das Ölbad gesenkt und der Bunsenbrenner angezündet. Nach einiger Zeit erweicht der Asphalt, schmilzt und tropft durch die Öffnungen der Messingplatte hindurch, bei welcher Erscheinung die Temperatur abgelesen wird. Ein Asphalt, der zur Herstellung von Mastix für Fußböden dienen soll, darf nicht unter 80° C abtropfen, während zur Herstellung von Mastix für Straßenasphaltierung dieser Punkt nicht unter 105° liegen sollte. Es ist üblich, sich bei diesen Bestimmungen gleichzeitig eines Vergleichsmusters vom richtigen Härtegrad zu bedienen.

Folgendes sind einige Resultate, die in dem Apparat erhalten worden sind:

Tube Nr.	Asphaltsorte	Abtropftemperatur °C
1	Dalmatiner Asphalt	97,0
2	Trinidadasphalt	93,5
3	Tatarosasphalt	114,0
4	Normalasphalt	105,0

Kovács glaubt, daß das Verfahren auch von Wert bei der Prüfung des Brikettpechs sein dürfte.

Für die Untersuchung des Steinkohlenteerpechs auf den Erweichungs- bzw. Schmelzpunkt haben sich in der Praxis folgende Verfahren ausgebildet, die sicherlich auch für die Untersuchung der übrigen, natürlichen und künstlichen Asphalte verwendet werden können. Es liegt der

für die Pechsorte	Erweichungspunkt	Schmelzpunkt
weich	bei 40° C	bei 50° C
mittelhart	„ 60° C	„ 70° C
hart	„ 80° C	bei 90 bis 110° C

Nach Lunge[1]) ist eine praktische Probe die, daß man das Pech zwischen den Zähnen knetet. Geht das leicht an, so ist es weich, geht es schon schwerer, so ist es mittelhart, und zerfällt es dabei zu knirschendem Pulver, so ist es hart. Das weichere Pech ist glänzender und schwärzer als das ganz harte, welches schon mehr ins Graue spielt und matter ist.

J. G. Holmes[2]) gibt folgende Notizen über die Untersuchung von Pech.

---

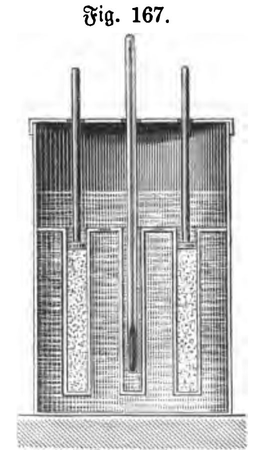
[1]) Lunge-Köhler, Ind. d. Steinkohlenteers u. Ammoniaks, 4. Aufl., 1, 431. — [2]) Ebenda S. 432.

Man nimmt mehrere Stücke Pech von verschiedenen Stellen des Musters und schneidet sie in Stücke von etwa 13 mm Würfel, die man dann auf Drähte steckt, welche man vorher erhitzt und in das Pech hineindrückt. Die Stücke werden dann in ein 500 ccm Wasser enthaltendes Gefäß eingesenkt und die Temperatur ganz allmählich erhöht, so daß sie alle Minuten um 5° steigt. Das Thermometer wird so eingeführt, daß sich sein Gefäß 4 oder 5 cm vom Boden des Gefäßes befindet; die Würfel sollen in einer Ebene mit dem Thermometergefäß schweben. Sowie die Temperatur steigt, nimmt man von Zeit zu Zeit die Würfel heraus und quetscht sie mit den Fingern zusammen. Man notiert die Temperaturen, bei denen sich folgende Erscheinungen zeigen:

1. Erweichung,
2. starke Erweichung,
3. Schmelzung.

Erweichung ist eingetreten, wenn sich das Pech mit Leichtigkeit spiralig drehen läßt; starke Erweichung wird angenommen, wenn es schon einem leichten Fingerdruck nachgibt; Schmelzung, wenn das Pech vom Draht herabtropft.

Fig. 167.



Genauere Resultate erhält man auf folgendem Wege, welcher in französischen Fabriken üblich ist. Der Blechzylinder (Fig. 167) enthält eine wagerechte Zwischenwand, in welcher fünf unten geschlossene Röhren eingelötet sind. Das Mittelrohr dient zur Einführung eines Thermometers, die vier anderen zur Aufnahme von gemahlenem und gesiebtem Pech. Durch das Sieben muß man sowohl die groben Teile als auch den Staub entfernen. Das Pechpulver wird durch eine gestielte eiserne Scheibe von bestimmtem Gewicht belastet, wobei die Durchbohrungen des oberen Deckels als Führungen für die Stiele und das Thermometer dienen. Der Zylinder wird nun mit Wasser oder für Peche mit höherem Schmelzpunkt mit einer Salzlösung bis etwas über die Röhren gefüllt und über einer Lampe erhitzt, bis die Scheiben in das geschmolzene Pech einsinken, welche Temperatur als Schmelzpunkt notiert wird.

Besser wird dieses Blechgefäß durch einen massiven Stahlzylinder ersetzt, in welchen die fünf Öffnungen für die Röhren und das Thermometer eingebohrt sind.

Zur Bestimmung der Erweichungstemperatur verfährt Muck[1]) in folgender Weise: Aus den zu untersuchenden Pechproben werden zylindrische Stäbchen von 4 mm Durchmesser und 100 mm Länge hergestellt und diese auf 20 mm so umgekröpft, daß der kürzere Teil mittels eines Gummiringes an das Quecksilbergefäß des Thermometers befestigt werden kann, der längere Schenkel aber zu dem Thermometerrohr senkrecht steht. Das so montierte

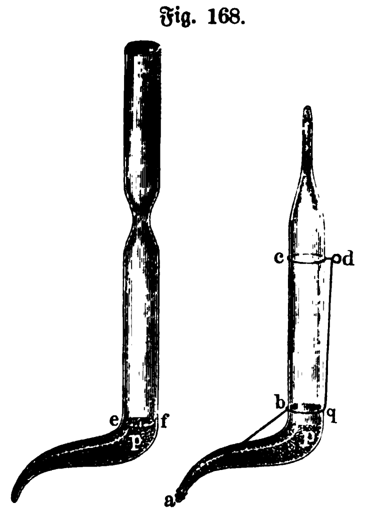
[1]) Zeitschr. f. Berg-, Hütten- u. Salinenwesen 1889, Bd. 37.

Stück wird in ein, zugleich mit einem vertikalen Rührwerke versehenes, mit Wasser gefülltes Becherglas eingesenkt und so lange vorsichtig erwärmt, bis der längere Schenkel des Pechstäbchens sich umzubiegen beginnt. Diese Methode ist wohl ebenso zuverlässig, wie jede der anderen zu gleichem Zwecke in Vorschlag gebrachten.

Buchanan[1]) klebt ein passendes Stück Pech an ein Thermometerrohr, das er in ein trockenes Reagenzglas versenkt und im Wasserbade erhitzt. Das Pech erweicht zuerst und fällt dann ab, was man als Schmelzpunkt betrachtet. Auf diese Weise fand er den Schmelzpunkt von Hartpech bei 80°, den von mittelhartem bei 55° und den von Weichpech bei 50°.

Zur Bestimmung des Schmelzpunktes des Peches und des Zustandes „flüssig" bedient sich E. Schenk zu Schweinsberg[2]) der folgenden Vorrichtung. Einer etwa 7 mm weiten und 25 cm langen Glasröhre gibt man durch Biegen und Ausziehen über der Gasflamme die in Fig. 168 dargestellte Form. Hierauf füllt man den unteren Teil bis zur Linie *ef* mit fein gestoßenem Pech *p*; falls das Pech zum Stoßen zu weich ist, formt man kleine Kügelchen und füllt damit den unteren gebogenen Teil der Glasröhre. Auf die Pechfüllung gibt man einen Tropfen Quecksilber. Hierauf zieht man den engen Teil der Röhre über einer Flamme zu einer Haarröhrchenspitze aus. An dem Apparat befestigt man einen Platindraht *a*, *b*, *c*, *d*, *g*, wobei *a* eine kleine Schlinge zur Aufnahme der Spitze des Glasrohres bildet, während der Draht bei *bg* und *cd* in Ringen um das Rohr geschlungen ist; bei *d* befindet sich außerdem noch eine Schlinge zum Durchstecken eines kleinen Glasstabes, welcher zum Aufhängen des Apparates in einem Becherglase mit Wasser dient. Neben dem Röhrchen wird ein Thermometer eingehängt, dessen Quecksilberkugel mit der Pechprobe in gleicher Höhe sich befindet. Man beginnt mit der sehr langsamen Erwärmung des Wassers und entfernt etwa aufsteigende Gasbläschen an dem Apparate mit Hilfe der Fahne eines Federkieles. Mit dem Steigen der Temperatur sintert das Pech zusammen, so daß die gesinterte Pechmasse ungefähr das halbe Volum einnimmt, als die ursprüngliche Füllung. Ist der Schmelzpunkt des Peches erreicht, so gibt sich die Erscheinung dadurch zu erkennen, daß ein Aufschwellen desselben stattfindet. Die beginnende Schmelzung kann am deutlichsten an der unteren Kniebiegung und der Spitze des Apparates wahrgenommen werden.

Fig. 168.



[1]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1894, p. 1098. — [2]) Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen 1890, S. 463. Zeitschr. f. angew. Chem. 1890, S. 704.

Sobald die Erscheinung des Aufschwellens eintritt, liest man die Grade am Thermometer ab, welche nun den Schmelzpunkt des Peches angeben. Nun setzt man die Erwärmung langsam fort, wobei das Pech im Röhrchen aufsteigt und der Quecksilbertropfen niedersinkt und bald von der flüssigen Masse umschlossen wird. Diesen Flüssigkeitszustand des Peches, wobei der ganze untere Teil des Röhrchens mit flüssigem Pech und Quecksilber ausgefüllt ist, nennt Schenk zu Schweinsberg den „praktischen" Schmelzpunkt und liest die Temperatur, bei der diese Erscheinung eintritt, gleichfalls ab. Als weiches Pech bezeichnet er solches, dessen Schmelzpunkt unter 60° liegt, als mittelhartes solches vom Schmelzpunkt 60 bis 99° und als hartes solches, dessen Schmelzpunkt über 100° liegt.

Nach J. Klimont[1]) bietet die Methode von Schenk zu Schweinsberg die zuverlässigsten Resultate bei der Bestimmung der Erweichungs- und Schmelztemperatur des Steinkohlenteerpechs; es muß aber darauf hingewiesen werden, daß dieselbe nur in der Hand solcher Analytiker, welche sie häufig handhaben, zuverlässige Resultate gibt, weil sowohl die Anschwellung, als auch das Untersinken des Quecksilbertropfens infolge des feinen Pechstaubes, welcher die Oberfläche desselben überzieht, schwer zu erkennen und für das ungeübte Auge keinerlei Vorgänge wahrzunehmen sind. Klimont fixiert die beiden, für die Technik wichtigen Punkte durch folgende einfache Versuche:

1. Man beschickt ein gewöhnliches Reagenzrohr mit fein pulverisiertem Pech derart, daß man letzteres durch einen Trichter mit langem Rohr einfüllt; sodann stößt man das Rohr mit dem Boden so lange sanft auf den Tisch, bis das Pulver zu einer kompakten Masse zusammengerüttelt ist, welche lediglich die Rundung des Reagenzrohres ausfüllt. Nun wird das Reagenzrohr, falls man es mit Weich- oder mittelhartem Pech zu tun hat, an einem Draht neben ein Thermometer derart in ein Becherglas mit Wasser gehängt, daß die Thermometerkugel sich mit dem Pech in gleicher Höhe befindet. Bei Hartpech wird die Bestimmung zweckmäßig im Glyzerinbade vorgenommen. Mit der 2 cm hohen Flamme eines Bunsenbrenners erwärmt man dann langsam; sobald am Rande die Pechstäubchen zu kleinen Kügelchen zusammenschmelzen und der bisher matte Pechstaub an der Glaswand glänzend wird, beginnt der Schmelzprozeß, und man liest die Temperatur ab. Bald schmilzt das Pech an den Rändern an und schließlich wird die ganze Oberfläche glatt und glänzend. Sobald dieser Moment eingetreten ist, welcher das Ende des Schmelzprozesses vorstellt und mit Schenk zu Schweinsbergs Flüssigkeitspunkt zusammenfällt, notiert man abermals die Temperatur.

Objektiv noch besser markierbar sind die Temperaturen bei folgendem Versuch:

2. Man erweicht ein Stückchen des zu untersuchenden Pechs in einer Flamme rasch bis es knetbar wird und walzt und zieht es zu einem Kegel von etwa 3 mm Basis und 5 mm Höhe. Nun faßt man die Spitze desselben mit der Pinzette, erweicht die Basis in einer Flamme und klebt den Kegel auf den

[1]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1900, S. 761.

Boden eines kleinen Röhrchens von etwa 7 mm Durchmesser bei 35 mm Höhe derart, daß der ganze Kegel senkrecht steht. Man läßt das Röhrchen verkehrt stehen, bis der Kegel erkaltet ist. Hiernach gießt man Quecksilber an der Wand des Röhrchens so lange zu, bis eben die Spitze des Kegels nicht mehr sichtbar ist und erwärmt in einem mit Wasser oder Glyzerin gefüllten Becherglase, wie vorher beschrieben.

An der Oberfläche des Quecksilbers steigt plötzlich ein schwarzer Punkt auf; die Temperatur, bei welcher diese Erscheinung eintritt, ist der Schmelzbeginn und fällt ungefähr mit dem Schmelzpunkt Schenk zu Schweinsbergs zusammen. Bei längerem Erwärmen breitet sich der Pechtropfen auf dem Quecksilberspiegel aus; die nun abzulesende Temperatur nähert sich dem Flüssigkeitspunkt von Schenk zu Schweinsbergs.

Beim Vergleich der beiden Methoden neben der von Schenk zu Schweinsberg erhielt Klimont bei der Untersuchung verschiedener mittelharter Peche folgende Temperaturgrade:

Pech	Schenk zu Schweinsberg		Klimont 1		Klimont 2	
Nr.	Schmelzpunkt	Flüssigkeitspunkt	Schmelzpunkt	Flüssigkeitspunkt	Schmelzpunkt	Flüssigkeitspunkt
1	62°	66°	64°	67°	64°	67°
2	60°	65°	60°	65°	60°	63°
3	80°	85°	79°	84°	79°	84°
4	52°	57°	52°	57°	52°	57°
5	60°	65°	60°	66°	60°	63°

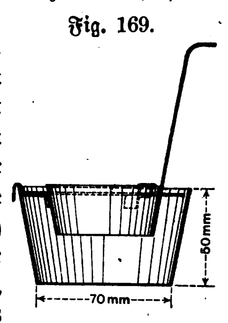
Nach G. Kraemer und C. Sarnow [1]) sind die meisten dieser Methoden zur Bestimmung des Schmelz- bzw. Erweichungspunktes der Asphalte und asphaltartigen Körper unzuverlässig, weil sie eben zu sehr von der Person des Untersuchers abhängig sind, so daß Unterschiede von 5 bis 10 Grad nichts seltenes sind. Ähnlich verhält es sich auch mit der Benutzung des Englerschen Viskosimeters, welche im amtlichen Warenverzeichnis für Petroleumrückstände vorgeschrieben ist, wobei die Genauigkeit durch die meist große Adhäsion der Substanz an den Wandungen der Ausflußöffnung beeinträchtigt wird. Besser sind schon die Methoden, welche darauf beruhen, daß man den Zeitpunkt des Einsinkens eines schweren Körpers in das beim Erwärmen zum Schmelzen kommende Produkt beobachtet.

Zuverlässige Resultate werden erzielt, wenn man sich des von den Genannten ausgearbeiteten Verfahrens bedient, welches in den Fabriken der

[1]) Chem. Ind. 1903, S. 55.

Aktiengesellschaft für Teer- und Erdölindustrie allgemein eingeführt ist und sich seit längerer Zeit bei einer sehr großen Anzahl von Bestimmungen durchaus bewährt hat. Man schmilzt etwa 25 g des zu untersuchenden Pechs oder Asphalts in einem kleinen Blechgefäß mit ebenem Boden in einem Ölbade von ähnlicher Form (Fig. 169) bei etwa 150°; die Höhe der geschmolzenen Pechschicht soll etwa 10 mm betragen. In diese taucht man das eine Ende eines etwa 10 cm langen, an beiden Enden offenen Glasröhrchens von 6 bis 7 mm lichter Weite, schließt beim Herausnehmen des Röhrchens die obere Öffnung mit dem Finger und läßt das mit Pech gefüllte Ende durch Drehen an der Luft in wagerechter Lage erkalten. Sobald das Pech nicht mehr fließt, nimmt man das an der äußeren Wand des Röhrchens haftende leicht mit dem Finger fort. Die Höhe der Pechschicht im Rohr wird jetzt in der Regel etwa 5 mm betragen. Auf dieses gibt man 5 g Quecksilber, welches sich für diesen Zweck am bequemsten in einem unten geschlossenen, mit Teilstrich versehenen Röhrchen abmessen läßt, und hängt das so beschickte Röhrchen in ein mit Wasser gefülltes Becherglas, welches wieder in ein zweites, mit Wasser gefülltes Becherglas hineingehängt ist. In das innere Becherglas läßt man ein Thermometer so eintauchen, daß das Quecksilbergefäß desselben in gleicher Höhe mit der Pechschicht im Röhrchen steht und erhitzt nun mit mäßiger Flamme. Die Temperatur, bei welcher das Quecksilber die Pechschicht durchbricht, notiert man als Schmelz- bzw. Erweichungspunkt des Pechs oder Asphalts.

Fig. 169.



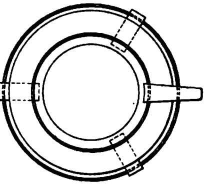
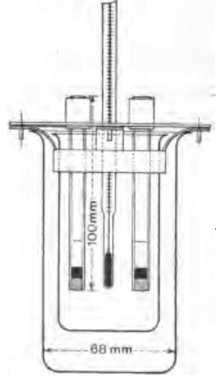
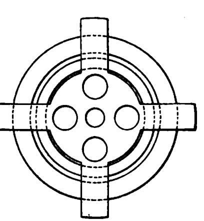


Fig. 170.





Der nach Fig. 170 ausgerüstete Apparat gestattet natürlich nicht nur ein, sondern mehrere mit Pech oder Asphalt beschickte Röhrchen gleichzeitig zu beobachten, so daß man mehrere Schmelzpunkte mit einem Male nehmen kann. Für Asphalte, deren Schmelzpunkt höher als 90° liegt, empfiehlt es sich, das äußere Becherglas mit weißem Paraffin oder Paraffinöl zu füllen, das innere mit gesättigter Kochsalz- oder Chlormagnesiumlösung.

Die gefundenen Schmelzpunkte weichen von den nach der bisher üblichen Methode um einige Grade ab, d. h. sie sind um so viel niedriger. Sie werden in etwas beeinflußt durch die Weite des Röhrchens, die Dicke der Pechschicht in demselben und die Höhe der Quecksilbersäule. Nimmt man immer gleiche Mengen (5 g) Quecksilber, so wird die etwa größere Weite des Röhrchens durch die geringere Höhe der Quecksilberschicht kompensiert. Der Einfluß der Dicke der Pechschicht ist, wie sich gezeigt hat,

innerhalb gewisser Grenzen nicht merkbar. Eine 5, 6 und 7 mm dicke Pechschicht gab 61,5, 60,5 und 61,5° Erweichungspunkt.

Wie zuverlässig das Verfahren arbeitet, ergeben folgende Einzelbestimmungen an verschiedenen Orten:

Herkunft	Weichpech °C	Mittelweiches Pech °C	Hartpech °C
Grabow i. M.	51,0	68,5	80,0
"	51,5	68,5	80,0
"	51,5	68,2	80,8
"	51,3	69,0	80,5
Niederau i. S.	—	—	83,0
"	—	—	84,0
Pasing	—	—	83,5
"	—	—	84,5
Erkner	50,0	61,5	87,0
"	50,5	60,5	86,0
"	51,0	61,5	87,0

Ein Brikettpech, das in Grabow den Erweichungspunkt 58° ergab, zeigte in Berlin den gleichen von 58°. Verschiedene andere Asphalte und asphaltartige Körper sind nach demselben Verfahren und vergleichsweise mit der üblichen Methode in der Kapillare untersucht worden und ergaben folgendes Resultat:

	Nach Kraemer u. Sarnow °C	In der Kapillare °C
Ceresin	52,0	47,0—53,0
Bienenwachs	55,5	61,5—63,5
Paraffin	46,0	45,0—48,0
Asphalt, gereinigt, hart	51,5—52,0	ganz unscharf
Asphalt B, glashart	82,0	" "
Petroleumrückstand aus Elsässer Erdöl	105,0	" "
Kolophonium	67,0—67,5	" "

Vierzehntes Kapitel.

Spezielle Methoden zur Prüfung und Untersuchung der Materialien aus natürlichen und künstlichen Asphalten.

1. Asphalt- und Eisenlacke, Dachlacke usw.

Bei der chemischen Untersuchung der Asphalt- und Eisenlacke handelt es sich meistens darum, die Natur des Asphalts und des Lösungsmittels festzustellen. Bei den „flüchtigen" Asphaltlacken, d. h. solchen, welche durch Verflüchtigung des Lösungsmittels erhärten, kommen als solches in Betracht

a) für eigentliche Asphaltlacke:

Terpentinöl,
Alkohol,
Azeton,
deutsches Terpentinöl (Pinolin),
leichte Petroleumdestillate (Benzine),
„ Teerdestillate (Benzole).

b) für Surrogate:

leichte Teerdestillate (Benzole),
deutsches Terpentinöl (Pinolin).

Für die „Öllacke", d. h. solche, welche durch einen Oxydationsprozeß des Lösungsmittels oder Firnisses erhärten und nur aus natürlichen Asphalten hergestellt werden, finden Leinölfirnis, Harzöle und Terpentinöl Verwendung.

Die Menge des flüchtigen Lösungsmittels kann durch eine geeignete Destillation, event. im Wasserdampfstrome, und Wägen des Rückstandes leicht ermittelt werden; über die Natur desselben geben sein Verhalten bei der fraktionierten Destillation und gegen chemische Agentien, wie Salpetersäure (Nitrierungsprobe), rauchende Schwefelsäure (Sulfierungsprobe), Wasser (Löslichkeit), sowie der Geruch genügende Anhaltspunkte.

Bei Terpentinöllacken findet manchmal ein teilweiser oder vollständiger Ersatz des Terpentinöls durch dessen Surrogate, wie deutsches Terpentinöl (Pinolin), Patent-Terpentinöl usw., statt und es ist daher von Interesse, das

Lösungsmittel besser zu charakterisieren. Dies geschieht am sichersten nach F. Ewers[1]), sowie C. Schreiber und F. Zetzsche[2]) durch die Bestimmung des Bromadditionsvermögens, welches auf 1 ccm des Lösungsmittels mindestens 1,8 g Brom in wässeriger Lösung betragen sollte. Hierzu dient eine Koppeschaarsche Lösung, welche 15 g Kaliumbromat und 50 g Kaliumbromid im Liter (Bromgehalt 40 bis 40,5 g im Liter) enthält.

Zur Ausführung des Versuches mischt man 1 ccm des zu prüfenden Destillats mit Alkohol auf 50 ccm, versetzt 20 ccm der Lösung mit 20 ccm der Bromsalzlösung, 20 ccm Schwefelsäure (1 : 3) und schüttelt eine halbe Minute kräftig durch. Bei reinem Öl tritt vollständige Entfärbung ein; ist dies nicht der Fall, so muß eine weitere Untersuchung auf dem Wege der fraktionierten Destillation usw. erfolgen.

Einen Gehalt des Terpentinöls an Harzöl erkennt man nach A. Aignau[3]) leicht mittels der optischen Probe im Polarisationsapparat; da nur das Harzöl Drehung zeigt, läßt sich ein Gehalt des Terpentinöls an solchem durch das Rotationsvermögen ermitteln. Echtes französisches Terpentinöl polarisiert durchschnittlich $[\alpha_D] = -61{,}30$; durch Zusatz von bestem Harzöl findet folgende Abnahme statt:

Harzölzusatz	Drehungsvermögen
1 Proz.	$[\alpha_D] = -60^0\,1'$
2 „	„ $-58^0\,32'$
3 „	„ $-57^0\,2'$
4 „	„ $-55^0\,32'$
5 „	„ -54^0
10 „	„ $-46^0\,30'$

Nach Baudin[4]) soll folgende einfache Methode zum Nachweis von Harzöl in Terpentinöl genügen: Man verdunstet 20 bis 30 Tropfen des Öls in einem Porzellanschälchen auf sechs bis acht Tropfen, gibt einen Tropfen davon auf die untere Kante eines Blättchens Zigarettenpapier (oder anderen, ungeleimten Papiers), welches man mit Hilfe einer Stecknadel frei aufhängt. Nach Verlauf von einer bis zwei Stunden muß das Öl vollständig, ohne Hinterlassung eines Fettflecks, verdunstet sein. Bei Gegenwart von Harzöl hinterbleibt ein mehr oder weniger starker Ölburchschlag.

Schwieriger liegt der Fall, wenn es sich um die Untersuchung eines Öllacks handelt. Durch Destillation mit Wasserdampf gelingt hier allenfalls noch die Abscheidung etwa vorhandenen Terpentinöls, während der Leinölfirnis mit dem Asphalt im Rückstande bleibt. Nach den Erfahrungen des Verfassers führt hier die im vorigen Kapitel besprochene Fällungsmethode von Holde am besten zum Ziel; man löst etwa 5 g des Asphaltlacks in 100 ccm möglichst

[1]) Chem.-Ztg. 1899, S. 312. — [2]) Ebend. S. 686. — [3]) Compt. rend. **110**, 1273. — [4]) Journ. Pharm. Chem. 1891, p. 273.

leichtflüchtigem Petroleumbenzin und versetzt die Lösung mit dem gleichen Volum absoluten Alkohols. Dadurch wird der Asphalt bis auf geringe Spuren gefällt, während Leinölfirnis, Terpentinöl und etwaige andere Lösungsmittel in die alkoholische Flüssigkeit übergehen. Durch Abtreiben im Dampfstrom können diese vom Leinölfirnis getrennt, und letzterer sowohl wie die ersteren durch ihr Verhalten charakterisiert werden.

In der alkoholischen Petrolbenzinlösung befinden sich auch die etwa vorhandenen Harze, bezüglich deren Individualisierung auf die Arbeit von Karl Dieterich[1]) verwiesen werden muß. Hat man auf solche in flüchtigen Asphaltlacken zu prüfen, so empfiehlt sich in gleicher Weise die Anwendung der Fällungsmethode zur Abscheidung des Asphalts. Im übrigen ist zu berücksichtigen, daß die analytische Trennung[2]) verschiedener Harzkörper heutzutage noch zu den Unmöglichkeiten gehört.

Die Charakterisierung eines aus Asphaltlack abgeschiedenen Asphalts kann nach den im vorigen Kapitel entwickelten Gesichtspunkten erfolgen.

Die technische Prüfung eines Asphaltlacks richtet sich natürlich ganz nach den Anforderungen, die an denselben gestellt werden, bzw. nach dessen Verwendungszweck. In der Regel bestimmt man die Trockenfähigkeit, Elastizität, Glanz und Hauchfreiheit sowie Hitzebeständigkeit durch den probeweisen Versuch, indem man kleine Blech- oder Glastafeln damit bestreicht. Ein guter Lack darf beim Durchbiegen derartiger Blechtafeln, nachdem er vollständig getrocknet ist, weder Risse bekommen noch abblättern, sondern muß allen Bewegungen des Blechs ohne bemerkbare Veränderung folgen. Er darf beim Erhitzen der Tafeln auf höhere Temperatur (die gleichfalls vom Verwendungszweck abhängig ist) weder weich oder klebrig werden noch in der Schicht Blasen bekommen.

Fig. 171.

Für die Untersuchung der ganz ordinären Steinkohlenteerpechfirnisse, des sogen. Dachlacks oder präparierten Teers, hat G. Lunge[3]) ein Verfahren angegeben, das sich auf die Bestimmung des spezifischen Gewichts, der Viskosität, sowie der flüchtigen Bestandteile erstreckt und das im folgenden wiedergegeben werden soll: Zur Ermittelung des spezifischen Gewichts bedient er sich eines gewöhnlichen „Wägegläschens", in dessen Glasstopfen man einen von oben nach unten durchgehenden Kerb *a* von etwa 2 mm Breite und Tiefe einfeilt (s. Fig. 171). Damit läßt sich die Operation vollkommen reinlich, leicht und mit größter Genauigkeit ausführen, wenn man wie bei der Bestimmung des spezifischen Gewichtes fester Substanzen verfährt, indem man das Gläschen nur teilweise mit Teer füllt und dann mit Wasser auffüllt; man erreicht dann das Ziel durch eine neue Wägung. Man verfährt dabei wie folgt: Erst bestimmt man ein- für allemal

[1]) Lunge, Chem.-techn. Untersuchungsmethoden 3, 174. — [2]) Vgl. Henriques, ebend. 3, 173. — [3]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1894, S. 449.

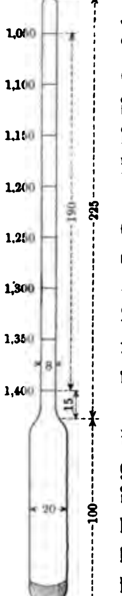
das Eigengewicht des Gläschens (a) und dessen Gewicht nach Füllung mit Wasser von 15° (b); dann trocknet man es aus, gießt beliebig viel Teer hinein, etwa bis zu zwei Drittel der Höhe, und stellt das Glas mit abgenommenem Stopfen eine Stunde in heißes Wasser, bis alle Luftblasen aus dem dann ganz dünnen Teer entwichen sind. Nun läßt man erkalten und wägt das Glas + Teer (c). Hierauf füllt man mit Wasser auf, setzt den Stopfen auf, entfernt das aus dem Kerb der letzteren austretende Wasser, läßt in einem größeren Wassergefäß stehen, dessen Temperatur man kennt, trocknet außen ab und wägt wieder (d). Das gesuchte spezifische Gewicht s ist dann:

$$s = \frac{c - a}{b + c - (a + d)}.$$

In den meisten Fällen wird schon die Bestimmung des spezifischen Gewichtes des Teers zur Beurteilung seiner Qualität ausreichen.

Viskosität. Auf diese Eigenschaft des präparierten Teers wird es in vielen praktischen Fällen sehr ankommen; auch wird sie gewiß ein gutes Mittel abgeben, um bei Anwendung gleicher Ausgangsmaterialien die Gleichförmigkeit des Produktes zu konstatieren. Es liegt auf der Hand, daß im vorliegenden Falle die bekannten, auf Messung der Ausflußgeschwindigkeit aus kleinen Öffnungen beruhenden und für Schmieröle u. dgl. durchaus brauchbaren Viskosimeter, wie z. B. dasjenige von Engler, ihren Dienst versagen, da die Reinigung der Gefäße und Öffnungen von Teer eine zu schwierige ist. Es kam also darauf an, ein einfaches, unbedingt leicht zu reinigendes Instrument für diesen Zweck zu konstruieren, wozu sich am besten eine Art Aräometer, von speziell zu diesem Zwecke passender Form, eignete, indem man die Schnelligkeit des Einsinkens dieses Instrumentes bis zu einem bestimmten Punkte zum Maße der Viskosität nahm. Was diesem Prinzipe an wissenschaftlicher Genauigkeit vielleicht abgeht, wird durch seine Brauchbarkeit für den vorliegenden Zweck mehr als aufgewogen.

Fig. 172.



Dieses von Lunge als „Teerprüfer" bezeichnete und in Fig. 172 abgebildete kleine Instrument ist im Gegensatze zu den gewöhnlichen Aräometern aus sehr starkem Glase angefertigt, um dem mechanischen Abputzen des Teers besseren Widerstand zu leisten, und teils aus demselben Grunde, noch weit mehr aber behufs Erreichung einer gleichförmigeren Einsinkungsgeschwindigkeit ist der Hauptkörper ganz zylindrisch, mit einfach halbkugeligem Ende, gestaltet, statt der Einziehung und kugelförmigen Endung der gewöhnlichen Aräometer. Dieser Teil ist, einschließlich der unteren und oberen Abgrenzung, 100 mm lang und hat 20 mm äußeren Durchmesser. Der verengerte spindelförmige Teil ist 225 mm lang und 8 mm weit. Auf diesem ist, 15 mm über dem Ende des konischen Übergangsteiles zu dem zylindrischen Spindelteile, das spez. Gew. 1,400 angeschrieben; die spezifischen Gewichtszahlen setzen sich nach oben bis 1,050 fort; diese Skala nimmt im ganzen eine

Länge von 190 mm ein; der für uns wichtigste Skalenteil bis 1,250 befindet sich in einer Entfernung von 81 bis 83 mm vom Ende des konischen Übergangsteiles.

Als Normalgewicht ist 39 g festzuhalten, doch beeinträchtigt eine Abweichung von etwa 0,5 g nach oben und unten die Genauigkeit der Resultate nicht. Die Handhabung des Teerprüfers ist folgende: Man gießt den zu untersuchenden präparierten Teer in einen Zylinder und zwar so hoch, daß nach dem Einsinken des Teerprüfers die Oberfläche des Teers möglichst nahe an der Mündung des Zylinders liegt, um leichter beobachten zu können. Nach Umrühren des Teers mit einem unten ringförmig gebogenen Drahte bestimmt man seine Temperatur mittels eines Thermometers, dessen Skala auf mindestens ein halbes Grad mit der eines Normalthermometers stimmen muß. Da die Viskosität des Teers durch die Temperatur stark beeinflußt wird, müssen alle Beobachtungen bei genau derselben Temperatur (15° C) ausgeführt werden. Im Beobachtungszimmer wird wohl selten eine niedrigere, häufiger eine höhere Temperatur herrschen, weshalb man den Zylinder in ein Gefäß mit kaltem Wasser stellt und ihn darin läßt, bis er die Temperatur von 15° angenommen hat, was durch häufiges Auf- und Abfahren mit dem Drahtrührer sehr beschleunigt wird. Dann können die Versuche beginnen. Man bedient sich bei denselben eines Stativs mit einer Klammer (am bequemsten einer Federklammer), an der der Teerprüfer über dem Zylinder schwebend erhalten wird. Man taucht nun den Teerprüfer bis gerade zu dem Punkte 1,250 ein, zieht ihn wieder heraus und läßt ihn, in der Klammer über dem Zylinder schwebend, drei Minuten lang abtropfen. Erst dann führt man die Versuche aus. Es ist nämlich ein Unterschied von einigen Sekunden zwischen dem Einsinken eines gereinigten und dem eines mit Teer benetzten Teerprüfers, und da man jedenfalls mehrere Beobachtungen hintereinander machen muß, so ist es viel einfacher, diese mit dem mit Teer benetzten Instrumente anzustellen, als dasselbe jedesmal frisch zu reinigen.

Nun nimmt man eine Uhr mit Sekundenzeiger in die eine, den Teerprüfer in die andere Hand, hält den letzteren so, daß sein unteres Ende die Oberfläche des Teers eben berührt, und läßt in dem Augenblicke los, wo eine ganze Minute anfängt. Man wird finden, daß das Einsinken sehr rasch stattfindet, bis der verengerte Teil des Instrumentes erreicht ist und dann bedeutend langsamer vor sich geht. Wenn das Instrument sich schief stellt und an die Wand des Zylinders anstößt, so bringt man es durch sanften Seitenschub ohne jeden Druck nach unten in senkrechte Lage, was keinen merklichen Fehler verursacht. Im Augenblicke, wo der Punkt 1,250 erreicht ist, liest man die Sekundenzahl ab, hebt sofort das Instrument heraus und läßt es wieder zwei bis drei Minuten abtropfen, ehe man eine neue Beobachtung macht. Man sollte jedenfalls drei bis vier oder noch mehr Beobachtungen machen, die auf zwei bis drei Sekunden übereinstimmen müssen.

Der Punkt 1,250 wurde gewählt, weil dieser genügend weit unter dem spezifischen Gewichte eines normalen, präparierten Teers (höchstens 1,200) liegt. Das Einsinken erfolgt nämlich schließlich so langsam, daß der Zeitpunkt,

an dem der Teerprüfer in der Stellung eines Aräometers zum Stillstande kommt, gar nicht mit irgend welcher Genauigkeit festzustellen ist. Selbstverständlich würden ja auch bei verschiedenen Produkten von verschiedenem spezifischen Gewichte ganz abweichende Spindellängen zur Wirkung kommen, wenn man bis zu diesem Ruhepunkte gehen wollte, was völlig unbrauchbare Daten ergeben würde. Ebenso selbstverständlich ist es aber, daß man den Teerprüfer, wenn man von einer Bestimmung der Viskosität absieht, durch Einsinken bis zum Stillstande zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes verwenden kann, für welchen Zweck er ja gerade bis 1,050 eingeteilt worden ist. Diese Bestimmungen werden freilich nicht so genau, wie die nach der früher beschriebenen Methode, haben aber für die Praxis den großen Vorteil, daß sie ohne Wage ausgeführt werden können und viel weniger Zeit beanspruchen.

Menge der flüchtigen Bestandteile. Es scheint hier am nächsten zu liegen, einfach vorzuschreiben, daß ein präparierter Teer bei einer bestimmten Temperatur so und so viel Prozente Destillat abgeben müsse. Aber die praktische Durchführung dieser Untersuchungsmethode bietet fast unüberwindliche Schwierigkeiten dar. Es handelt sich hier um Körper, deren Siedepunkt zum Teil über demjenigen des Quecksilbers liegt. Nicht nur würden die dazu verwendeten Thermometer, selbst aus „Resistenzglas" u. dgl., bei öfterem Gebrauche ihre Zuverlässigkeit verlieren, und die fortwährende Erneuerung dieser teuren Thermometer die Methode zu kostspielig machen, sondern sie würde, auch bei richtiger Temperaturmessung, in verschiedenen Händen und bei auch nur geringfügigen Abweichungen in der Form der Apparate und der Art der Erhitzung ganz und gar verschiedene Resultate ergeben. Lunge hat es daher vorgezogen, eine andere Methode anzuwenden, die freilich etwas umständlicher scheint, dafür aber stets gleichförmige Resultate geben muß. Man destilliert 100 g des Teers aus einer schwer schmelzbaren, mit Asbestpapier umwickelten, tubulierten Retorte über freiem Feuer, bis eine bestimmte Menge von Destillat herübergekommen ist, das man in einem graduierten Zylinder auffängt; hierauf bestimmt man das spezifische Gewicht des Destillates und nach dem völligen Erkalten und Zerschlagen der Retorte das spezifische Gewicht und den Erweichungspunkt des zurückbleibenden Pechs. Wenn der erste Versuch nicht ein normales mittelhartes Pech als Rückstand ergibt, so wiederholt man ihn, indem man, den Umständen entsprechend, etwas mehr oder weniger weit destilliert. Dieser zweite, jedenfalls aber ein dritter Versuch wird sicher zu dem gewünschten Ziele führen.

Bei Abschlüssen über präparierten Teer wird man nun ganz bestimmte Bedingungen vorschreiben können, also ein gewisses Maximum von spezifischem Gewichte und Viskositätszahl mit dem Teerprüfer und ein gewisses Minimum von Destillat. In vielen Fällen wird man sich die umständlichste der drei Proben, die Destillation, erlassen können, da schon das spezifische Gewicht und die Viskosität zur Beurteilung der Qualität genügen werden. Welches nun die Maxima und Minima sein sollen, wird man der Vereinbarung überlassen müssen, da gewiß für verschiedene Zwecke auch verschiedene Flüssigkeitsgrade am

passendsten sein werden. Jedenfalls besitzt man in Vorstehendem eine brauchbare und leicht anwendbare Prüfungsmethode für präparierten Teer und analoge Fälle.

2. Goudrons, Kitte, Klebemassen, Holzzement.

Neben den echten Goudrons, die, wie wir gesehen haben, in der Regel aus Trinidadasphalt unter Zusatz von Paraffinöl oder Bergteer hergestellt werden, finden sich im Handel unter der gleichen Bezeichnung noch Materialien von gleichem Aussehen, die entweder aus Destillationsrückständen des Erdöls oder der Braunkohlenteeröle gewonnen werden und welche häufig, wenn auch nicht immer, nach ihrer Provenienz als Petroleum- bzw. Braunkohlengoudron bezeichnet werden. Daneben finden sich Mischungen dieser Produkte, und nicht selten wird auch Steinkohlenteerpech als Verfälschung der echten Goudrons angetroffen.

Die Identifizierung der unvermischten Produkte fällt im allgemeinen nach den im vorigen Kapitel entwickelten Gesichtspunkten nicht schwer. Schon durch ihre tiefschwarze Farbe und den hohen Glanz auch in kaltem Zustande unterscheiden sich der Braunkohlengoudron und besonders der Petroleumgoudron von dem mehr mattschwarzen echten Asphaltgoudron. Rasch führt auch eine Bestimmung der mineralischen Bestandteile der Goudrons zum Ziele, deren Menge beim Trinidadgoudron ungefähr 35 Proz. beträgt, während Petroleum- und Braunkohlengoudron davon fast völlig frei sind. Unverkennbar ist auch der charakteristische Geruch, welchen die drei Produkte beim Erhitzen entwickeln. Mehr noch unterscheiden sich die drei Produkte voneinander durch den Gehalt ihres Bitumens an Schwefel, welcher für den Trinidadasphalt nach Kayser[1]) 10,0 Proz., nach Davies[2]) 3,47 und nach Peckham[3]) 1,45 Proz. beträgt, die beiden letzteren Zahlen für den Extrakt mit Petroleumäther. Der Schwefelgehalt des Petroleumgoudrons beträgt dagegen nach Mabery und Byerley[4]) nur 0,30 Proz. und steigt nicht über 0,40 Proz., vorausgesetzt, daß die Überführung der Petroleumrückstände in Asphalt nicht unter Zuhilfenahme von Schwefel ausgeführt worden ist. Der Gehalt des Braunkohlengoudrons an Schwefel bleibt noch hinter dem des Petroleumgoudrons zurück.

Die Unterscheidung des Trinidadgoudrons von seinen Surrogaten gelingt somit leicht; schwieriger ist es schon, diese selbst voneinander zu erkennen, wenn man sich nicht mit der bloßen Geruchsprobe begnügen will, und mehr noch steigern sich die Schwierigkeiten, wenn es sich darum handelt, einen Zusatz des einen oder anderen Surrogats, wozu leider bisweilen auch das für diesen Zweck völlig unbrauchbare Steinkohlenteerpech zu rechnen ist, in reinem Asphaltgoudron nachzuweisen.

---

[1]) Untersuchungen über nat. Asphalte, S. 16. — [2]) Chemist and Drug. 25, 504. Wagners Jahresber. 1884, S. 1201. — [3]) Journ. Soc. Chem. Ind. 16, 424. Chem. Zentralbl. 1897, 2, 235. — [4]) Am. Chem. Journ. 1896, p. 141. Chem.-Ztg. 1896, Rep., S. 77.

Ausführlich behandelt diesen Gegenstand die schon mehrfach zitierte Arbeit von Meinecke[1]), die im privaten Auftrag ausgeführt worden ist. Meinecke unterwirft 50 g des zu untersuchenden Goudrons in einem etwa 250 ccm fassenden Fraktionierkolben über der Flamme eines Teclu-Universalbrenners der fraktionierten trockenen Destillation, bis gegen das Ende der Destillation der Boden des Kolbens zu schmelzen beginnt. Siedepunktsgrenzen und Mengen der einzelnen Fraktionen, sowie das Gewicht des Koksrückstandes liefern ihm die Daten, an deren Hand er die Natur des Goudrons oder einer Verfälschung des Trinidadgoudrons beurteilt. Daneben werden auch das Verhältnis zwischen mineralischen und flüchtigen Bestandteilen, sowie die Durand-Clayesche Reaktion herangezogen und der Vergleich auch auf die ursprünglichen Asphalte ausgedehnt.

Schon die Betrachtung des Aschengehaltes der einzelnen Produkte zeigt höchst bemerkenswerte Unterschiede. Es enthielt

	Mineralbestandteile Proz.	Bitumen Proz.
1. Trinidadasphalt epuré I	39,61	60,39
2. „ „ II	36,31	63,69
3. Goudron aus I mit 15 Proz. Paraffinöl	33,92	66,08
4. „ „ Trinidad epuré und 30 bis 40 Proz. Bergteer	22,30	77,70
5. Goudron, dito mit Petrolgoudron	22,09	77,91
6. Surrogatgoudron aus Teerprodukten	0,13	99,87
7. Gemisch aus 25 Proz. Braunkohlenteerpech, 60 Proz. epuré I und 15 Proz. Paraffinöl	23,76	76,24
8. Braunkohlenteerpech	0,25	99,75
9. Steinkohlenteerpech	0,20	99,80

Den Verlauf der trockenen Destillation schildert Meinecke wie folgt: Beim Beginn des Erwärmens der Trinidadasphalte und des daraus hergestellten Goudrons entweichen unter ruhigem Schmelzen und ohne erhebliches Aufschäumen weiße, zunächst neutrale, schwere Dämpfe, die Bleipapier sofort schwärzen. Die Gase sind durch Wasser teilweise absorbierbar. Dann entweichen bei etwa 50 bis 70° kräftig saure, ungefärbte Gase, welche, wie übrigens alle Fraktionen, Bleipapier ebenfalls sofort schwärzen.

Von nun ab entwickelt sich während der ganzen Destillation ein penetranter Geruch nach Schwefelabkömmlingen. Bei 70 bis 80° folgen einige Tröpfchen einer charakteristischen, milchigen Flüssigkeit, welche in Wasser löslich ist, aber keine Schwärzung des Bleipapiers hervorruft. Bei 100° geht dann das erste, in Wasser unlösliche, steinölartige Destillat über; das Auftreten von

[1]) Chem.-techn. Untersuchungen über Trinidadgoudron. Biebrich 1895. Selbstverlag von Mattar und Gaßmus.

Wasser in den Destillationsprodukten der natürlichen Asphalte konnte nie beobachtet werden.

Ein zweites Destillat wird aufgefangen von 120 bis 200°, ein drittes von 200 bis 280° und ein letztes von 300° bis zum Ende der Destillation. Die Produkte dieser trockenen Destillation sind sämtlich flüssig, das erste wasserhell, die letzten bald dunkler werdend, und besitzen sämtliche einen höchst widerwärtigen, schwer definierbaren Geruch. Im Seitenrohr des Fraktionierkolbens setzen sich nur als Anflug ein gelbes und ein rotbraunes Sublimat an.

Die als Teerprodukte charakterisierten Präparate zeigen bei der Destillation insofern ein anderes Verhalten, als zunächst ein starkes, mit Knistern verbundenes Schäumen eintritt; im oberen Teile des Kolbens schlagen sich reichlich Wassertropfen nieder. Die für den natürlichen Asphalt charakteristische milchige Flüssigkeit fehlt, trotz des Vorhandenseins von Wasser im Destillat. Der penetrante Geruch während der Destillation fehlt und gegen das Ende derselben gehen gelbe, zu einer salbenartigen Masse erstarrende Körper über (Kohlenwasserstoffe des Anthrazenöls).

Dieser Unterschied kann nicht auffallen, wenn wir uns überlegen, daß wir es bei den natürlichen Asphalten mit schwefelhaltigen Körpern zu tun haben, deren Schwefel bei pyrogener Zersetzung in Form von Schwefelwasserstoff entweicht; die Rückstände der Teerdestillation dagegen enthalten reichliche Mengen von Sauerstoff, welcher bei der trockenen Destillation unter Bildung von Wasser abgeschieden wird.

Die Resultate dieser Destillationsversuche stellt Meinecke in folgenden beiden Tabellen (S. 370 bis 372) zusammen, von denen Tabelle I die Prozente der einzelnen Fraktionen in bezug auf das Gesamtbitumen, Tabelle II dagegen auf das durch Distillation flüchtige Bitumen ausdrückt.

Aus der Tabelle I ergibt sich zunächst der Koksrückstand, welcher sich mit Ausnahme der für den Surrogatgoudron (6) aus Teerprodukten und das Steinkohlenteerpech innerhalb ziemlich enger Grenzen, von 34,4 bis 41,3 Proz. bewegt, trotzdem schon hier recht verschiedenartige Körper, worunter das Braunkohlenteerpech und das Gemisch desselben mit Trinidadgoudron, vorliegen.

Für die reinen Trinidadgoudrons können somit im Mittel 34 bis 39 Proz. Destillationsrückstand angenommen werden. Dagegen hinterlassen sowohl das Steinkohlenteerpech, sowie auch der unter Verwendung desselben hergestellte Goudron einen beträchtlich höheren Koksrückstand (77,4 bzw. 60,8 Proz.). Eine hohe Rückstandszahl des Goudrons zeigt also mit ziemlicher Sicherheit eine Verfälschung durch Steinkohlenteerpech an; eine normale Rückstandszahl dagegen läßt immerhin noch eine Verfälschung des Goudrons mit Braunkohlenteerpech zu.

Eine solche ergibt sich aber aus der Tabelle II aus der Summe der über 300° siedenden Anteile des Goudrons. Für reine Trinidadgoudrons schwankt dieselbe innerhalb der Grenzen von 40 bis 52 Proz., je nachdem dieselben unter Verwendung von Paraffinöl oder Bergteer (Petrolgoudron) hergestellt worden sind, eine Frage, die sich aus der Menge der bis 115° übergehenden Anteile gleichzeitig entscheidet. Die Erkennung einer Verfälschung der Goudrons mit

Tabelle I.

Zusammenstellung der einzelnen Fraktionen, ausgedrückt unter Bezugnahme auf das Gesamtbitumen.

	1	2	3	4
Bis 115°	bis 100° = 20,7	bis 110° = 27,3	bis 104° = 10,4	bis 80° = 3,1
Summe bis 115° . . .	20,7	27,3	10,4	3,1
120 bis 200°	Bei etwa 200° = 14,9 Wir rechnen unter 200° = 7,4	—	—	120—140° = 4,4 160—190° = 6,2
Summe 120 bis 200° .	7,4	0	0	10,6
200 bis 280°	über 200° = 7,5 215—270° = 17,4	200—225° = 9,4 260° = 12,6	200—225° = 8,8 248—250° = 6,8 250—260° = 12,7	210—233° = 16,5
Summe 200 bis 280° .	24,9	22,0	28,3	16,5
300° und darüber	über 300° = 8,3	über 300° = 9,4	über 300° = 26,6	über 300° = 32,7
Summe über 300° . .	8,3	9,4	26,6	32,7
Mit Hilfe eines Teclu-Brenners nicht destillierbar	38,7	41,3	34,6	37,2

Tabelle I. (Fortsetzung.)

Zusammenstellung der einzelnen Fraktionen, ausgedrückt unter Bezugnahme auf das Gesamtbitumen.

	5	6	7	8	9
Bis 115°	bis 100° = 6,4	—	bis 100° = 2,4	—	—
Summe bis 115° . . .	6,4	0	2,4	0	0
120 bis 200°	bei 180° = 8,2	125° = 6,4	—	—	—
Summe 120 bis 200° .	8,2	6,4	0	0	0
200 bis 280°	233—255° = 16,9	270° = 13,8	220 und 260—280° = 11,0	—	220—250° = 10,2
Summe 200 bis 280° .	16,9	13,8	11,0	—	10,2
300° und darüber	über 300° = 32,6	über 360° = 19,0	310 und über 360° = 52,2	300° = 10,0 über 360° = 49,5	über 360° = 12,4
Summe über 300° . .	32,6	19,0	52,2	59,5	12,4
Mit Hilfe eines Teclu-Brenners nicht destillierbar	35,8	60,8	34,4	40,5	77,4

Tabelle II.

Zusammenstellung der einzelnen Fraktionen, in Prozenten ausgedrückt unter Bezugnahme auf das flüchtige Bitumen.

	1	2	3	4
Bis 115°	bis 100° = 33,8	bis 110° = 46,5	bis 104° = 16,0	bis 80° = 4,9
Summe bis 115° . . .	33,8	46,5	16,0	4,9
120 bis 200°	Bei 200° = 24,3 Wir rechnen unter 200° = 12,2	—	—	120—140° = 7,0 160—190° = 9,9
Summe 120 bis 200° .	12,2	0	0	16,9
200 bis 280°	über 200° = 12,1 215—270° = 28,4	200—225° = 16,0 260° = 21,4	200—225° = 13,4 248° = 10,4 250—260° = 19,5	210—238° = 26,2
Summe 200 bis 280° .	40,5	37,4	43,3	26,2
300° und darüber	über 300° = 13,5	über 300° = 16,0	über 300° = 40,7	300° u. darüber = 52,0
Summe über 360° . .	13,5	16,0	40,7	52,0

Tabelle II. (Fortsetzung.)

Zusammenstellung der einzelnen Fraktionen, in Prozenten ausgedrückt unter Bezugnahme auf das flüchtige Bitumen.

	5	6	7	8	9
Bis 115°	bis 100° = 10,0	—	bis 100° = 3,6	—	—
Summe bis 115° . . .	10,0	0	3,6	0	0
120 bis 200°	bei 180° = 12,8	bei 125° = 16,3	—	—	—
Summe 120 bis 200° .	12,8	16,3	0	0	0
200 bis 280°	233—255° = 26,4	270° = 35,2	220 und 260—280° = 16,8	—	220—250° = 45,1
Summe 200 bis 280° .	26,4	35,2	16,8	0	45,1
300° und darüber	über 300° = 50,8	über 360° = 48,5	310 und über 360° = 79,6	300° = 16,8 über 360° = 83,2	über 360° = 54,9
Summe über 360° . .	50,8	48,5	79,6	100,0	54,9

Steinkohlenteerpech, welche sich außer der hohen Kokszahl auch aus dem Auftreten festwerdender Destillationsprodukte ergibt, aus den Schlußzahlen der Tabelle II ist unmöglich. Dagegen ist der Prozentsatz der über 300° siedenden Anteile ein vortreffliches Kennzeichen für die Anwesenheit von Braunkohlenteerpech, wie die Destillation der Probe 6 ergibt, bei welcher dieser Prozentsatz von der Normalhöhe von 40 bis 50 Proz. auf fast 80 Proz. hinaufgedrückt wird.

Die Durand-Clayesche Reaktion, angewandt in der von Meinecke ausgeführten Weise, gibt für die verschiedenen Goudrons den gleichen Befund, wie für das Rohmaterial, aus dem sie hergestellt sind. In der schwefelsauren Lösung sieht man bei den unter Anwendung von Paraffinöl erzeugten Goudrons dieses selbst in Form von weißen Tröpfchen zwischen der Grundmasse liegen.

Die für die Prüfung auf Konsistenz, bzw. Erhaltung der Elastizität innerhalb gewisser Temperaturgrenzen übliche Methode haben wir schon bei der Fabrikation des Goudrons angegeben. Bei der Ausführung öffentlicher Arbeiten wird von den deutschen Behörden an den zu verwendenden Goudron die Forderung gestellt, daß er bei + 10° völlig erstarrt und bei + 40 bis 50° flüssig sein soll. Mit Recht hebt Meinecke hervor, daß die Einhaltung dieser Bedingung für reelle Firmen unmöglich ist, indem gerade die Kunstprodukte dieser Forderung entsprechen, während bei guten Trinidadgoudrons ein Flüssigwerden bei 40 bis 50° noch nicht eintreten kann. Dieses Verhalten wird gut charakterisiert durch nachstehende Tabelle, welche den Befund beim Erwärmen der vorstehend besprochenen Goudrons Nr. 3, 4, 5 und 6 nebeneinander in offenen Schalen im Trockenschrank bei verschiedenen Temperaturen angibt.

Nr.	Natur des Goudrons	Bei 40 bis 50°	Bei 70° nach ¼ Stunde	Bei 70° nach 3 bis 4 Stunden
3	Trinidadgoudron mit Paraffinöl	zeigen außer den Erweichen nichts Besonderes	fließt nicht	dickflüssig
4	Trinidadgoudron mit Bergteer, bzw.		dickflüssig	erheblich leichter fließend
5	Petrolgoudron		dickflüssig, etwas dünner als der vorige	dünnflüssig
6	Surrogatgoudron mit Teerprodukten	wird schmierig, klebt am Finger und fängt an zu fließen	leicht flüssig	dünnflüssig

Meinecke möchte die Anforderung an einen guten Trinidadgoudron daher folgendermaßen modifiziert wissen: „Ein Trinidadgoudron enthalte einen möglichst hohen Prozentsatz an reinem Trinidad epuré und sei frei von Beimengungen, die durch Witterungseinflüsse

leicht zersetzbar sind resp. fortgeführt werden und ein relatives Sprödewerden des Asphalts veranlassen. Zwischen den Fingern erwärmt sei der Goudron leicht knetbar und behalte seine Plastizität innerhalb möglichst großer Temperaturschwankungen." Man wird sich dieser Forderung nur durchaus anschließen dürfen; den Schlußfolgerungen freilich, welche Meinecke aus den Resultaten seiner Untersuchung ableitet, wird der Asphalttechniker nur zum Teil beipflichten können.

Die chemische Untersuchung der Asphaltkitte, welche bezüglich ihrer Beschaffenheit zwischen den Goudrons und dem Asphaltmastix gerade in der Mitte stehen, erfolgt nach den gleichen Methoden. Man wird dabei festzustellen haben, ob man es mit einem Gemisch aus natürlichem oder künstlichem Asphalt, oder beiden zugleich, mit einem mineralischen Füllmaterial, und eventuell welchem zu tun hat. Die Untersuchung des Asphalts erfolgt im Extrakt mit einem passenden Lösungsmittel, die des Füllmaterials nach dem gewöhnlichen Gang der Mineranalyse; bei den Kitten aus künstlichem Asphalt (Steinkohlenteerpech) hat man zu berücksichtigen, daß dieses selbst je nach der Härte 20 bis 30 Proz. feinverteilten Kohlenstoff enthält, was bei der Bestimmung des Extraktionsrückstandes in Rechnung zu stellen ist.

Die Kitte aus natürlichem Asphalt sind in der Regel Mischungen aus Asphaltmastix und Goudron in wechselndem Verhältnis; aus der Natur der mineralischen Bestandteile läßt sich bis zu einem gewissen Grade die Provenienz des verwendeten Asphaltmastix bestimmen. Aus ihrer Menge Schlüsse auf das Mischungsverhältnis zwischen Mastix und Goudron zu ziehen, ist meist nicht angängig, weil der Prozentgehalt der Goudrons an solchen ein zu schwankender ist. Der Gehalt der Kitte aus natürlichem Asphalt an mineralischen Bestandteilen schwankt in der Regel zwischen 18 bis 25 Prozent, ist also wesentlich geringer als bei Kitten aus künstlichem Asphalt, in welchem derselbe oft bis zu 60 Proz. ansteigt.

Wichtiger ist die technische Prüfung der Asphaltkitte, deren Einzelheiten sich je nach dem Verwendungszweck derselben zu richten haben. Weitaus die größte Anwendung finden die Asphaltkitte im Kanalisations- und Straßenbauwesen zum Abdichten der Muffen der Steinzeugröhren und der Fugen des Straßenpflasters. Wir rekapitulieren kurz, daß es bei diesen Verwendungszwecken vornehmlich ankommt auf

1. die Bindekraft, d. h. die Fähigkeit, mit den Flächen der zu verdichtenden Gegenstände einen guten Verband einzugehen, bzw. fest daran zu haften;

2. die Wasserdichtigkeit, bzw. Undurchlässigkeit für wässerige Flüssigkeiten;

3. die Widerstandsfähigkeit gegen verdünnte Säuren und Alkalien, vornehmlich bei Kanalisationen in oder in der Nähe von chemischen Fabriken;

4. die Wurzelfestigkeit, bzw. Undurchdringbarkeit für Wurzeln von Pflanzen aller Art, besonders bei Kanalisationen in Straßen mit Baumpflanzungen usw.;

5. die Elastizität bzw. Biegsamkeit, um bei Bodensenkungen nachgeben zu können und einen Bruch der gekitteten Gegenstände, z. B. bei Kanalisation in lockerem Erdreich, zu verhindern;

6. die Erhaltung möglichst konstanter Plastizität innerhalb gewisser Temperaturgrenzen, um sowohl weder in den Muffen der Kanalisationsröhren, als auch in den Pflasterfugen bei niedriger Temperatur zu spröde und brüchig, noch bei höherer Temperatur zu weich und dünnflüssig zu werden;

7. die Druckbeständigkeit, d. h. die Fähigkeit bei den in Frage kommenden Drucken, z. B. in Kanalisationsröhren, nicht aus den Fugen gepreßt zu werden.

Die Vielseitigkeit und Eigenartigkeit dieser Anforderungen läßt erkennen, daß eine technische Prüfung der Güte der Asphaltkitte sich nicht ausschließlich im Laboratorium, sondern am besten an einem Versuchsobjekt selbst ausführen läßt, das ihrer Verwendung möglichst völlig entspricht.

Die einfachste Prüfung auf die Bindekraft eines Asphaltkitts führt man in der Weise aus, daß man gut gereinigte und getrocknete Scherben, am besten von glasierten Steinzeugröhren stammend, mit einer etwa 1 cm starken Schicht von geschmolzenem Asphaltkitt überzieht und vollkommen erkalten läßt. Zertrümmert man hinterher die Scherben mit Hammer und Meißel, so soll die Kittschicht sich möglichst nicht vom Scherben trennen, sondern mit diesem zusammen eine einzige Bruchfläche bilden.

Zur Prüfung auf Säurefestigkeit usw. schlägt man sich aus dem stark abgekühlten Kitt am besten möglichst dünne, plattenförmige Stücke, die man für kürzere oder längere Zeit (in der Regel genügen acht Tage) und bei verschiedenen Temperaturen in bedeckten Bechergläsern mit den verdünnten Säuren von gewünschtem Stärkegrad überdeckt hält. Man beobachtet das Eintreten etwaiger Färbung der Säure und konstatiert an den gut abgewaschenen und getrockneten Stücken des Kitts eine etwaige Gewichtsabnahme, während man die Natur des in Lösung gegangenen Bestandteiles auf dem Wege der Analyse findet. Da und dort pflegt man sich für die Zwecke dieser Prüfung kleine Platten von etwa 2,5 cm im Quadrat bei 0,5 cm Stärke zu gießen und diese dem Säurebade auszusetzen. Ihre Oberfläche entspricht mehr der des Fugengusses, und sie besitzen selbst bei säurelöslichem Füllmaterial (kohlensaurem Kalk) eine relativ hohe Säurebeständigkeit, weil das Füllmaterial bei ihnen oberflächlich mit einer zusammenhängenden Asphaltschicht überzogen ist, welche dieses vor dem Angriff der Säure schützt. Zuverlässiger ist das Resultat der Prüfung natürlich an den aus der festen Kittmasse herausgeschlagenen Stücken.

Zum Test auf Biegsamkeit und Erhaltung der Plastizität innerhalb gewisser Temperaturgrenzen bediente sich Verfasser kleiner Täfelchen, welche man aus dem vorsichtig und unter Vermeidung von Verflüchtigung geschmolzenen Asphaltkitt durch Gießen in kleine, auseinandernehmbare Formen von 10 cm Länge, 4 cm Breite und 1 cm Tiefe hergestellt. Diese werden freitragend und nur an beiden Schmalseiten unterstützt Temperaturen von 15 bis 50^{0} C ausgesetzt und ihr Verhalten dabei beobachtet. Zum Lagern der Plättchen dienen kleine Kästchen von 9 cm^2 Grundfläche bei 1 cm Tiefe, mit oberem

Rande von 1 cm Breite, die man sich aus einem Stück Zinkblech selber herstellt, s. Fig. 173.

Schon bei mittlerer Temperatur sollten sich die Plättchen nach eintägigem Stehen merklich nach unten durchbiegen; mit fortschreitender Erwärmung im Trockenschrank erweicht der Asphaltkitt mehr und mehr und die Plättchen senken sich immer tiefer, so daß ihre untere Seite bald die Oberfläche des Bodens vom Zinkkästchen berührt. Doch soll die Erweichung, selbst bei vier- bis fünfstündigem Verweilen im Trockenschrank bei 40 bis 50°, keineswegs bis zur Verflüssigung fortschreiten. Die auf den Rändern des Kästchens aufliegenden beiden Schmalseiten der Kittplatte sollen ihre Lage und Form möglichst beibehalten und nur der mittlere, nun auf dem Boden des Kästchens ruhende Teil des Kitttäfelchens darf Deformierung nach der Breite aufweisen. Im übrigen kann das Material in diesem Zustande zwischen den angefeuchteten Fingern leicht knetbar sein. Dagegen soll es nach Abkühlen auf 0° durch längeres Einlegen in Eiswasser nicht so spröde werden, daß es beim Schlag mit dem Hammer in zahlreiche, regellose Schollen zerfällt; man wird auch an Asphaltkitt aus natürlichem Asphalt selten die Beobachtung machen, daß die Plättchen nach der Abkühlung den Schlag mit dem Hammer aushalten, ohne zu zerspringen, aber je weniger Bruchflächen dabei auftreten, um so besser ist der Kitt. Dies gilt namentlich für seine Verwendung als Pflasterkitt. Kitte aus Steinkohlenteerpech zeigen die Eigentümlichkeit, daß die daraus gegossenen Plättchen auch bei Temperaturen, bei denen sie sich mit Leichtigkeit durchbiegen, durch einen kurzen Schlag mit dem Hammer zerbrechen.

Fig. 173.

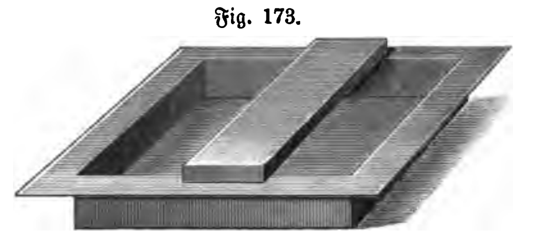
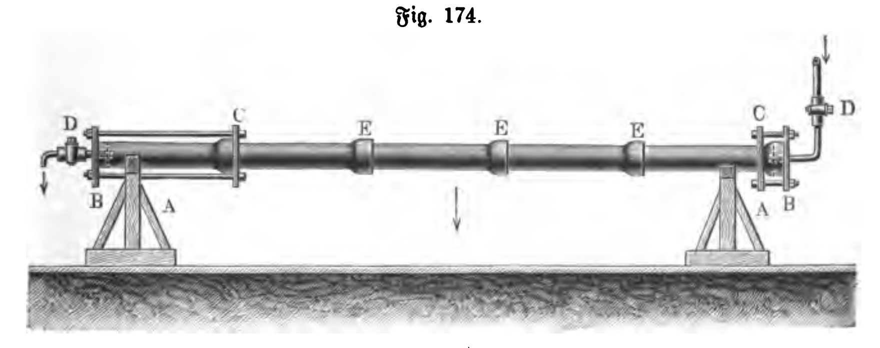


Fig. 174.



Auf den Bauhöfen der Tiefbauämter pflegt man noch folgende Prüfungen auf die Güte des Asphaltkitts anzustellen. Auf einer auf zwei Böcken *A* (siehe Fig. 174) ruhenden Unterlage, die sich leicht entfernen läßt, stellt man sich einen unter Anwendung von Teerstrick und dem zu prüfenden Kitt regelrecht

verdichteten Steinzeugrohrstrang, meistens aus fünf Tonröhren von 1 m Baulänge und beliebiger Weite bestehend, her und verschließt die beiden Enden des Stranges mit Holzstopfen, welche durch Asphaltkitt eingedichtet sind. Durch die starken Blechflanschen *B*, welche vermittelst Gegenflanschen *C* von der nächsten Muffe aus durch Schrauben festgehalten werden, verhindert man das Austreiben der Stopfen bei größerem Druck im Innern des Rohrstranges. Diese Stopfen tragen die gußeisernen Hähne *D* und *D'*, von denen ersterer zum Einlassen von Wasser unter Druck, letzterer zum Ablassen desselben dient.

Sobald die Muffen des Stranges völlig erkaltet sind und der Ausguß erhärtet ist, entfernt man die Unterlage, so daß der ganze Strang freitragend und nur auf den Böcken bei *A* gelagert ist. Vermittelst einer Schieblehre wird die Entfernung des äußeren Muffenrandes bei *E* vom Boden genau festgestellt. Der Rohrstrang bleibt bei durchschnittlicher Jahrestemperatur und ohne Füllung 24 Stunden stehen, worauf man abermals die Schieblehre anlegt, um zu konstatieren, ob eine Senkung desselben nach der Pfeilrichtung stattgefunden hat. Bei nicht zu weichen Kitten tritt eine solche kaum oder doch nur in verschwindend kleinem Maße durch das Eigengewicht des Rohrstrangs ein.

Füllt man nun den Strang durch *D* mit Wasser von gewöhnlicher Temperatur, so zeigt sich bei Verwendung eines guten Kitts nach 24 Stunden eine Durchbiegung des Rohrstrangs nach der Horizontalen von 4 bis 5 cm. Weder vor noch nach der Durchbiegung darf eine der Muffen sich als undicht erweisen, falls dieselben mit der nötigen Vorsicht verdichtet worden sind. Tritt eine merkliche Durchbiegung des Stranges auch nach der Füllung desselben mit Wasser nicht ein, so beschwert man die Mitte desselben durch Anhängen von Gewichten, bis eine Senkung von 4 bis 5 cm zu bemerken ist. Man erfährt auf diese Weise, ob der Kitt den Anforderungen in bezug auf Biegsamkeit und Wasserdichtigkeit entspricht.

Am gleichen Versuchsobjekt, jedoch mit unterstützten Muffen bei *E*, prüft man auf Erhaltung der Plastizität bei wechselnden Temperaturen, indem man das kalte Wasser auslaufen läßt und den Rohrstrang mit Wasser von 30 bis 40°, eventuell der mutmaßlichen Temperatur des zu erwartenden Kanalinhalts füllt und beobachtet, ob der Kitt infolge der Erweichung aus den Fugen gedrückt wird. Es ist dabei erforderlich, die Temperatur des Wassers für mehrere Stunden annähernd konstant zu erhalten.

Den letzten Versuch am gleichen Objekt, den Test auf die Druckfestigkeit des Kitts, stellt man an, indem man den Rohrstrang mit Wasser von gewöhnlicher Temperatur füllt, den Hahn *D'* schließt, den Hahn *D* mit einer gewöhnlichen Kesseldruckpumpe verbindet und so lange langsam Wasser einpreßt, bis eins der Rohre platzt, welcher Fall in der Regel zwischen $3^1/_2$ bis $5^1/_2$ Atmosphären eintreten wird. Dabei darf der Kitt in keinem Falle aus den Fugen getrieben werden und es sollen diese letzteren auch absolut dicht bleiben, was nebenbei ebensowohl eine Gewähr für die erforderliche Bindekraft, als auch die Wasserundurchlässigkeit des Kitts bedeutet.

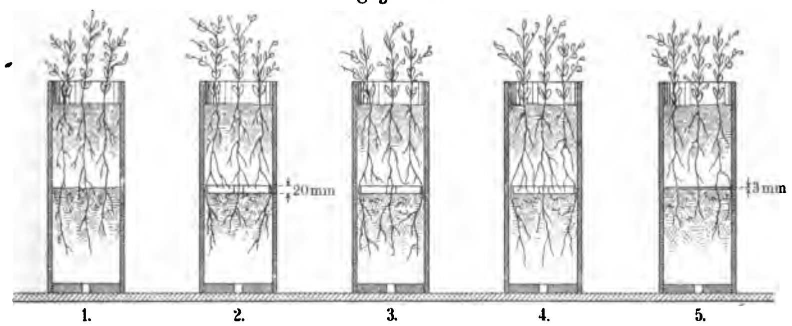
Soll der Asphaltkitt auf seine Verwendbarkeit zum Verdichten von gußeisernen Wasserleitungsröhren (statt der üblichen Bleiliderung), welche meistens

unter beträchtlichem Druck stehen, geprüft werden, so wird man die Probe zweckmäßig an derartigen Röhren unter Anwendung eines entsprechend höheren Drucks, aber nicht über einer Temperatur von 15° C, ausführen. Nur in ganz bestimmten Fällen, wo das die Rohrleitung passierende Wasser eine höhere Temperatur aufweist, wie z. B. bei Thermalquellen usw. wird man den Versuch bei der Temperatur auszuführen haben, welche dieser Flüssigkeit eigen ist.

Versuche über die Wurzelfestigkeit des Asphaltkitts hat zuerst Stadtbauinspektor Szalla-Berlin [1]) angestellt. Zunächst ließ derselbe probeweise einen Rohrstrang der städtischen Kanalisation in Berlin an einzelnen Stellen mit Asphaltkitt dichten und darüber einen stark wurzeltreibenden Baum pflanzen. Nach $2^1/_2$ Jahren wurde die Leitung aufgenommen und konstatiert, daß zwar nur ein verhältnismäßig schwacher Wurzeltrieb nach den Muffen der Steinzeugröhren stattgefunden hatte, daß aber immerhin die mit Asphaltkitt gedichteten Muffen frei von eingedrungenen Wurzelspitzen, dagegen an den benachbarten, in der gewöhnlichen Weise mit Ton gedichteten Muffen die Spitzen der Wurzeln bereits, wenn auch nicht tief, eingedrungen waren.

Weitere, und auch in kürzerer Zeit ausführbare Versuche hat er dann mit der schnell und kräftige Wurzeln treibenden Luzerne in Tongefäßen unter-

Fig. 175.



nommen, welche in ihrer unteren Hälfte mit guter Humuserde, darüber aber mit gewöhnlichem Ackerboden angefüllt waren. Zwischen beiden Schichten befand sich eine 2 cm starke Platte aus Asphaltkitt, dessen Wurzelfestigkeit geprüft werden sollte. Durch diese Art der Versuchsanstellung sollte bei den Pflänzchen das Bestreben erweckt werden, ihre Wurzeln intensiv nach dem unteren, nahrungsreicheren Boden und somit gegen die Asphaltschicht zu treiben.

Fig. 175 zeigt die Querschnitte einer Anzahl Töpfe, welche mit verschiedenen Proben von Asphaltkitt beschickt waren, wie solche sich bei der Besichtigung nach vollständiger Entwickelung der Pflanzen ergeben haben. In Topf 1 befand sich kein Asphaltkitt, um zu sehen, wie die Pflanzen, bzw. deren Wurzeln in den Gefäßen sich regulär entwickeln; die Töpfe 2 bis 4 enthielten Platten von Asphaltkitt von 2 cm Stärke mit einer zentrischen Öffnung, welche

[1]) Freundliche Privatmitteilung.

nicht an die Gefäßwandungen anschlossen. Topf 5 enthielt eine nur 3 mm starke Asphaltplatte ohne zentrische Öffnung an die Gefäßwandung anschließend.

Bei den Töpfen 2 bis 4 waren die Wurzeln zwischen der äußeren Peripherie der Asphaltplatte und dem Mantel des Topfes, sowie auch die zentrische Öffnung nach der Humuserde vorgedrungen. In Topf 2 zeigte sich, daß einzelne Wurzeln bis auf 1 bis 2 mm in den Asphaltkitt, bzw. dessen Poren eingedrungen waren; aber deren Spitzen waren geschwärzt, stark verdickt und nicht mehr treibfähig. Die in Topf 3 nicht durch den Zwischenraum an der Peripherie und im Zentrum der Asphaltplatte in den Humusboden vorgedrungenen Wurzeln bildeten oberhalb der Kittscheibe ein dichtes Geflecht. Die Untersuchung des Topfes 4 ergab, daß die Wurzeln in großer Menge bis 3 und 5 mm Tiefe in die Platte eingedrungen waren, kleine Kanälchen in dieselben eingepreßt hatten und ihre Endigungen noch frisch und spitz, also treibfähig waren; es ist danach anzunehmen, daß dieselben bei längerem Treiben die Platte in ihrer ganzen Stärke durchsetzt haben würden. In Topf 5 hatten einzelne Wurzeln ihren Weg durch die dünne Asphaltschicht genommen und sich im Humusboden ausgebreitet.

Die Resultate dieser Versuche waren im allgemeinen für den Asphaltkitt durchaus befriedigende; sie lassen aber erkennen, daß nicht jeder Asphaltkitt von gleicher Widerstandsfähigkeit gegen das Vordringen der Pflanzenwurzeln ist, und die Versuche selbst geben einen Anhaltspunkt über die Art und Weise, in welcher die Prüfung des Asphaltkitts auf seine Wurzelfestigkeit ohne allzu großen Zeitverlust ausgeführt werden können.

Bei der chemischen Untersuchung der Klebemassen und des Holzzements, die häufig ein Mixtum compositum aus allen möglichen Teerarten mit mineralischen Stoffen, Harzen und Schwefel darstellen, kann es sich nur um Ermittelung des Gesamtbitumens, der mineralischen Bestandteile, des organisch gebundenen und freien Schwefels und allenfalls noch des Harzgehaltes handeln. Man extrahiert eine abgewogene Menge des Produkts mit reinem Benzol oder Petroleumbenzin und findet im Rückstand die Menge der mineralischen Bestandteile plus freien Kohlenstoff aus dem Teer und freiem Schwefel. Letzteren bestimmt man durch Extraktion des Rückstandes mit reinem Schwefelkohlenstoff. Der daraufhin getrocknete und gewogene Rückstand hinterläßt beim Waschen unter Vernachlässigung der beim Glühprozeß vor sich gegangenen Reduktion einzelner Bestandteile die sehr annähernde Menge der mineralischen Bestandteile, während die freie Kohle aus dem Teer sich verflüchtigt.

Im Extrakt bestimmt man den gebundenen Schwefel nach der Abtreibung des Lösungsmittels nach einer der bereits erwähnten Methoden. Zur Trennung etwa vorhandenen Harzes oder Harzöles versetzt man den Extrakt mit absolutem Alkohol im Überschuß, läßt einige Zeit stehen und filtriert. Harze und Harzöle finden sich, allerdings in verunreinigtem Zustande, neben schweren Kohlenwasserstoffen usw. im Filtrat und können darin auf die bereits früher angegebene Weise wenigstens identifiziert, oder auch in ihrer un-

gefähren Menge bestimmt werden. Hierzu können auch die von Holde[1]) und Henriques[2]) angegebenen Methoden benutzt werden.

Zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes und der Viskosität eignen sich die von Lunge für Dachlack angegebenen Verfahren.

Zur Bestimmung der Bindekraft (Adhäsion) der Klebemassen und des Holzzements kann man sich zweckmäßig des folgenden einfachen Apparates (Fig. 176) bedienen. *A* und A_1 sind zwei auf der Innenfläche abgehobelte gußeiserne Platten von je 10 cm Durchmesser bei 5 mm Stärke, welche an der Außenseite zentrisch mit je einem Haken zum Aufhängen, bzw. Anhängen einer Wagschale *B* versehen sind. Sie werden, wenn versuchsfertig zusammengestellt, an dem Gestell *C* befestigt, welches außerdem noch den Quecksilber enthaltenden und mit seinem Auslauf in die Wagschale mündenden Behälter *D* trägt.

Fig. 176.

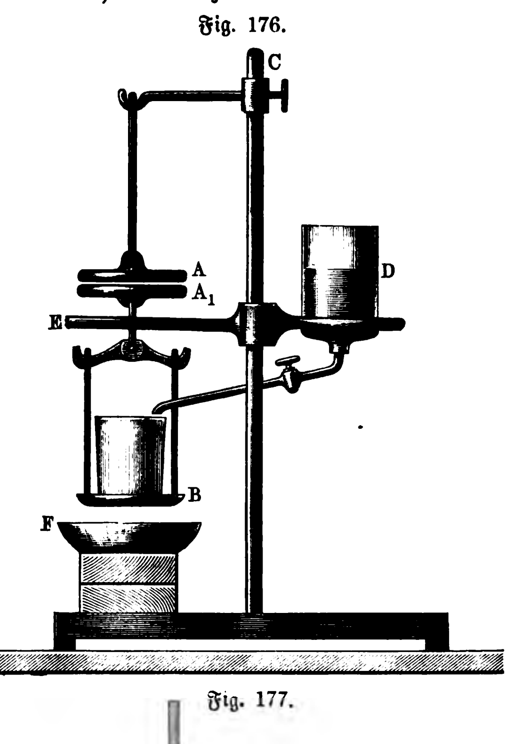
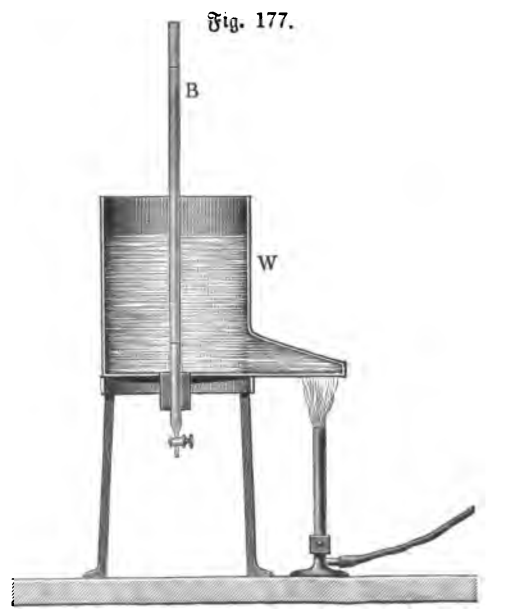


Fig. 177.



Zur Versuchsanstellung bringt man zwischen die sorgfältig gereinigten und getrockneten Platten *A* und A_1 1,5 ccm des zu untersuchenden Produkts, indem man dabei wie folgt verfährt. In einer besonders montierten Bürette mit

[1]) Lunge, Chem.-technische Untersuchungsmethoden 3, 73.

[2]) Ebend., S. 120.

Glashahn B, die sich in dem Wasserbade W (Fig. 177, a. v. S.) befindet, füllt man in den unteren Teil, soweit er aus dem Wasserbade hervorragt, Quecksilber, und darauf eine entsprechende Quantität des zu untersuchenden Materials, das man vorher durch sorgfältiges Erwärmen dünnflüssig gemacht hat, mit Hilfe eines langen Trichterrohres, mit der Vorsicht, daß die freibleibende Wandung der Bürette nicht verunreinigt wird. Über beide Flüssigkeiten schichtet man dann eine beliebige Anzahl von Kubikzentimetern Wassers, welches nur dazu dient, die Anzahl der entnommenen Kubikzentimeter des zu untersuchenden Produktes gut ablesen zu können.

Sobald nach längerem Sieden des Wasserbades der Inhalt der Bürette dünnflüssig geworden ist, läßt man das Quecksilber ab, stellt die Bürette ein und läßt auf die horizontal und zentrisch unter den Hahn der Bürette gelegte eine der Platten A und A_1 genau 1,5 ccm (oder mehr) des Versuchsobjektes ausfließen. Beide Platten werden dann auf ein geschlossenes Wasserbad gelegt — die mit Material beschickte in horizontaler Lage mit der glatten Seite nach oben — und so lange erwärmt, bis sie die Temperatur des Wasserbades angenommen haben. Dabei fließt das zu untersuchende Material auf der einen Platte gleichmäßig auseinander.

Nun wird die zweite Platte darüber gedeckt und nach einigem Warten zuerst ohne Anwendung eines Druckes und später unter leichtem Pressen auf der ersten so lange gedreht, bis das Material gleichmäßig um die ganze Peripherie der Scheiben leicht hervorquillt. Es gelingt auf diese Weise, die Materialschicht zwischen den Platten gleichmäßig und ohne Lufteinschlüsse auszubreiten. Wenn die Peripherien der Platten sich in allen Teilen vollkommen decken, nimmt man das Instrument vom Wasserbade und läßt es auf die normale Zimmertemperatur erkalten.

Hängt man nun das Plattenpaar $A\,A_1$ mit der Wagschale B am Gestell C über eine Gabel E auf und läßt durch Öffnen des Hahnes bei D Quecksilber in das auf der Wagschale befindliche Gefäß übertreten, so trennen sich bei gewisser Belastung die beiden Platten, indem sich die Platte A' auf Gabel E auflegt, die Wagschale B dagegen sich in ein zur Vermeidung zu heftigen Stoßes untergeschobene und mit Sand gefüllte Schale F einsenkt. Im gleichen Moment schließt man den Hahn bei D und bestimmt das Gewicht des zur Zerreißung nötigen Quecksilbers. Die Probe liefert natürlich nur Vergleichswerte und ist neben einem als Type aufgestellten Produkt auszuführen. Statt des Quecksilbers läßt sich natürlich zur Belastung der Wagschale auch ein Gefäß mit Bleischrot, ähnlich wie bei Frühlings Maschine, zur Zementprüfung (vgl. S. 386) verwenden, doch ist die Belastung dann nicht eine so regelmäßige und auf die ganze Fläche der Platten gleichmäßig verteilte.

3. Asphaltstein, Asphaltmastix, Stampfasphalt und Gußasphalt.

Die chemische Untersuchung dieser Materialien bietet keine Schwierigkeiten und bewegt sich ganz innerhalb der bis jetzt entwickelten Gesichtspunkte.

Meunier[1]) empfiehlt zur Bestimmung des Bitumens die Extraktion von 10 g des gepulverten Materials mit 50 ccm Schwefelkohlenstoff durch 24 stündiges Stehenlassen bei gewöhnlicher Temperatur, Filtrieren und Nachwaschen des Rückstandes durch einige Aufgüsse von je 10 ccm Schwefelkohlenstoff, bis das Filtrat farblos abläuft. Der Auszug wird in einem tarierten Porzellantiegel eingedampft, bei 100° getrocknet und gewogen.

S. Bein[2]) wägt 0,8 bis 1 g der ganz fein pulverisierten Durchschnittsprobe in ein kleines Bechergläschen und bestimmt nach dem Trocknen bei 100° bis zur Gewichtskonstanz die Feuchtigkeit. Dann werden etwa 3 bis 5 ccm frischdestillierten Terpentinöls hinzugefügt, das Ganze unter vorsichtiger, einen Moment dauernder Digestion mit einem Glasstabe eingerührt, einige Augenblicke stehen lassen und die Flüssigkeit auf ein kleines Saugfilterchen dekantiert. Diese Operation wird drei- bis viermal wiederholt, so daß zuletzt die in das Gläschen gebrachte Flüssigkeit farblos bleibt. Durch Hineinspritzen von je 3 bis 4 ccm absoluten Alkohols oder Äthers werden dann Gläschen und Filter vier- bis fünfmal ausgespült und dabei der Rückstand ganz aufs Filter gespült. Letzteres samt Rückstand in das gebrauchte, gewogene Bechergläschen gebracht, getrocknet und gewogen enthält sämtliche anorganischen Stoffe der Probe. Dieses Gewicht von dem bei der Feuchtigkeitsbestimmung erhaltenen subtrahiert ergibt den Gehalt an Bitumen.

Das Filterchen mit Rückstand wird vorsichtig auf den früher gebrauchten Trichter ausgebreitet, mit heißer Salzsäure mittels der Pipette so lange behandelt, bis die Kalkreaktion im Filtrat verschwunden ist und schließlich mit Wasser ausgewaschen. Das Filtrat, welches womöglich im verwendeten Bechergläschen aufzufangen ist, dient zur Bestimmung des Eisenoxyds, der Tonerde, des Kalkes und der Magnesia; der Rückstand ergibt die in Salzsäure unlöslichen Bestandteile.

E. Marckwald und F. Frank[3]) bedienen sich zur Bestimmung des Bitumens in bituminösen Gesteinen der folgenden einfachen Methode: Von einer aufs Feinste gepulverten Durchschnittsprobe wird in 0,5 bis 1,0 g Substanz die gesamte Kohlensäure im Bunsenschen oder einem anderen Kohlensäurebestimmungsapparat in bekannter Weise festgestellt. In einer zweiten Probe wird dann zunächst der Wassergehalt bestimmt, danach wird diese bis zur Gewichtskonstanz stark geglüht und hierauf im Rückstand eine neue Kohlensäurebestimmung ausgeführt. Die Differenz zwischen dem Gesamtglühverlust einerseits und der beim Glühen weggegangenen Kohlensäure zuzüglich des im Ausgangsmaterial enthaltenen Wassers andererseits ergibt den Gehalt an Bitumen. Störend bei der Untersuchung war anfänglich der Schwefelgehalt in den Gesteinen, weil derselbe als Schwefelwasserstoff, besonders nach dem Glühen, mit der Kohlensäure entweicht. Diese Fehlerquelle wird durch Zusatz von Kupfersulfatlösung zur Substanz im Kohlensäureapparat vollständig behoben.

---

[1]) Compt. rend. 123, 1327; Chem. Zentralbl. 1897, II, S. 399. — [2]) Rep. anal. Chemie 6, 33; Chem. Ind. 1886, S. 152. — [3]) Chem.-Ztg. 1902, S. 897.

Nachstehende Zahlen, die Resultate ausgeführter Untersuchungen, mögen als Beispiele dienen:

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Wasser	1,4	0,48	0,38	0,86	1,00	4,00	5,20	4,50	1,00
Gesamt.Glühverlust	15,02	7,46	7,95	10,94	23,38	21,21	25,80	27,83	13,27
CO_2 im Rohprodukt	5,66	25,03	21,59	20,17	27,49	25,95	33,00	32,30	42,50
CO_2 nach d. Glühen	2,60	22,04	19,73	18,96	12,11	17,74	19,70	17,97	34,23
Bitumen	10,56	4,17	5,71	8,87	7,00	9,00	7,30	9,00	4,00

1 Mansfelder Kupferschiefer; 2, 3 und 4 Kupferschiefer aus Glücksbrunn; 5 schwedischer Kalkschiefer; 6, 7, 8 und 9 dalmatinischer Schiefer.

Nach S. F. und H. E. Peckham[1]) ist die technische Analyse von festem, bituminösem Gestein, solange nicht die nähere Zusammensetzung des Asphalts bekannt ist, mehr oder weniger empirisch und kann nicht darauf hinauslaufen, die chemische Zusammensetzung derartiger Körper zu ermitteln. Als wichtig heben dieselben bei der Analyse der Asphalte hervor die Bestimmung der Löslichkeit in Petroleumäther, Terpentinöl und Chloroform, sowie des Gesamtbetrages und der Bindungsweise von Schwefel, Stickstoff, Eisen und Aluminium. In besonderen Filtern werden die Gesteine nacheinander mit den Lösungsmitteln in der angegebenen Reihenfolge behandelt, gewaschen, getrocknet und gewogen, und schließlich durch Extraktion mit Salzsäure der Gehalt des Rückstandes an Kalk, Magnesia, Eisenoxyd und Tonerde bestimmt. Im Destillationsrückstande der verschiedenen Extrakte wird nach dem Schmelzen mit Soda-Salpetermischung der Gehalt an Schwefel, Silizium, Eisen und Aluminium gefunden, während in einer neuen Probe freier Schwefel und stickstoffhaltige Substanzen nachgewiesen werden können. Die bei den Asphaltanalysen häufig vorkommende Bezeichnung „organische Substanz, kein Bitumen" (Nichtbitumen) verwirft Peckham als unrichtig, da diese Substanz meistens nichts weniger als organischer Natur ist.

Die technische Prüfung der Stampf- und Gußasphalte auf ihre Güte erstreckt sich in der Regel auf die Bestimmung der Druck- und Zugfestigkeit bei verschiedenen Temperaturen. Nach Rankine[2]) hat man die Güte des Asphalts schon früher in England auf die Weise bestimmt, daß man eine Eisenspitze, viereckig-pyramidal zulaufend, aber abgestumpft, bei einer Belastung von etwa 30 kg und einer Temperatur von 27° C auf die Versuchsplatten wirken ließ; in Stampfasphalt soll dieselbe etwa 8 mm, in Gußasphalt etwa 5 mm eindringen, während der Eindruck, den sie auf Surrogate ausübt, bedeutend geringer ist.

Nach den „Mitteilungen der königl. technischen Versuchs-Anstalten"[3])

[1]) Journ. Soc. Chem. Ind. 16, 424; Chem. Zentralbl. 1897, II, S. 235; Journ. Soc. Chem. Ind. 17, 438; Chem. Zentralbl. 1898, II, S. 143. — [2]) Vgl. Dietrich, Die Asphaltstraßen, S. 60. — [3]) 1896, S. 69.

werden zur Bestimmung der Druckfestigkeit Platten von 12,5 × 12,5 cm bei 5 cm Dicke hergestellt. Da es wünschenswert ist, die Erwärmung oder Abkühlung oberflächlich und nur einseitig — entsprechend der Bestrahlung der Straßenfläche durch die Sonne oder der Abkühlung durch eine Eis- und Schneeschicht — eintreten zu lassen, legt man die quadratischen Platten in starkwandige Holzkästen, so daß nur die Oberfläche (Straßendecke) frei bleibt und füllt den Zwischenraum zwischen Asphalt und Holz gut mit Asbest aus. Die Erwärmung auf + 18, + 40 und + 80° erfolgt im Dampfschrank mit Wärmeregulator, die Abkühlung auf — 15° in einem mittels Lindescher Eismaschine gekühlten Schrank von annähernd konstanter Temperatur. Nach Vorversuchen genügt es, wenn die Erwärmung oder Abkühlung drei Stunden lang fortgesetzt wird.

Die Probestücke werden ohne Aufenthalt mit den sie umgebenden Holzrahmen in den Druckapparat gebracht und die Zeit der Belastung bis zum Bruch dauert höchstens fünf Minuten, so daß also während der Versuchszeit eine merkliche Abkühlung der Oberfläche nicht eintreten kann.

Zur Ausführung des Druckversuches dient die Amsler-Laffonsche Presse, auf deren im Kugellager bewegliche Druckplatte die im Holzkasten befindliche Platte gelegt wird; auf die freiliegende Oberfläche derselben setzt man einen scharfkantigen Stahlzylinder von 4,2 cm Durchmesser (13,85 qcm Querschnitt) und 3 cm Höhe und belastet nun zunächst soweit, bis sich ein merklicher Eindruck auf der Oberfläche der Platte zeigt, notiert den Druck und setzt den Versuch fort, bis Rißbildung eintritt, was man am Fallen des Manometers erkennt.

Vergleichsweise führen wir hier die Zahlen an, welche die königl. Versuchs-Anstalten bei der Untersuchung zweier Asphaltplatten aus künstlichem (Steinkohlenteer) komprimiertem Asphalt gegenüber einer unter gleichen Druckverhältnissen aus sizilianischem Asphalt hergestellten Platte erzielt haben.

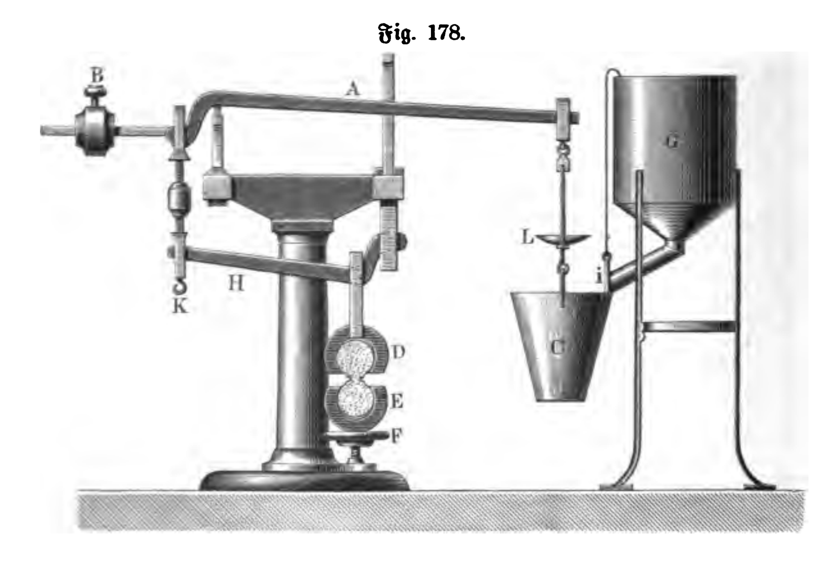
Wärme beim Versuch	Kunstasphaltsteine A		Kunstasphaltsteine B		Naturasphaltsteine C	
	Spezifischer Druck		Spezifischer Druck		Spezifischer Druck	
	bei welchem ein merklicher Eindruck sichtbar wurde kg/qcm	bei welchem die Rißbildung sichtbar wurde kg/qcm	bei welchem ein merklicher Eindruck sichtbar wurde kg/qcm	bei welchem die Rißbildung sichtbar wurde kg/qcm	bei welchem ein merklicher Eindruck sichtbar wurde kg/qcm	bei welchem die Rißbildung sichtbar wurde kg/qcm
— 15° C . . .	153	391	159	403	53	111
+ 18° C . . .	45	127	38	67	21	32
40° C . . .	38	95	22	44	9	19
80° C . . .	25	54	19	27	9	13

Hiernach könnte es auffallend erscheinen, daß ein aus künstlichem Material hergestellter Stampfasphalt den aus natürlichem Gestein erzeugten Platten in bezug auf Druckfestigkeit bedeutend überlegen ist. Dies ist indessen nur ein

scheinbarer Vorteil; man weiß, daß künstlicher, aus Stein- oder Braunkohlenteerpech mit einem mineralischen Füllstoff hergestellte Asphalte bei ziemlich rascher Steigerung der Belastung ganz wie spröde Gesteine sich verhalten und unter Krachen in parallele Stücke zerplatzen, während natürlicher, sowohl Stampf- als Gußasphalt, unter Ausbauchen, Bersten und Spalten zerfließt und zwar von einem um so niedrigeren Punkt an, je besser die betreffende Asphaltsorte sich für Straßenpflaster eignet. Das geht auch aus der weiter unten folgenden Tabelle von Hauenschild hervor.

Die Zugfestigkeit des Stampf- und Gußasphalts läßt sich mit Hilfe von Frühlings Maschine zur Prüfung der Zugfestigkeit des Zements bestimmen. Diese Maschine, deren Konstruktion Fig. 178 zeigt, besteht aus einer massiven, gußeisernen Säule von 375 mm Höhe, welche als Träger für die beiden

Fig. 178.



Hebel *A* und *H* dient, die durch Vermittelung der Zugstange *K* eine Quinquagesimalwage bilden. Der an der Klaue *D* wirkende Widerstand von vertikalen Zugkräften wird also durch $1/_{50}$ des Gewichtswertes an der Wagschale *L* oder dem Eimer *C* ausgeglichen. Die Schneiden des oberen Hebels *A* sind in Maßverhältnissen von 1 : 10 an demselben verteilt, die des unteren Hebels *H* im Verhältnis von 1 : 5. Die an dem Haken *K* aufgehängten Lasten können also durch Gewichte auf der Schale *L* wie mit einer Dezimalwage gewogen werden. Die Lagerpfannen, Schneiden und Gehänge sind ähnlich wie an den Präzisionswagen konstruiert. Die obere Klaue *D* zur Aufnahme des Probeobjektes ist auf einem Stahldorn leicht beweglich aufgehängt; die untere erhält ihre Beweglichkeit durch ein Kugelgelenk. Das Gewicht *B*, welches auf einer zylindrischen Verlängerung des oberen Hebels *A* verschiebbar ist, dient zur Herstellung des genauen Gleichgewichtes des Hebelsystems nach Aufhängung der oberen Klaue *D* und des Doppelhakens mit der Wagschale *L*. Der zum Zer-

reißen des Probeobjektes dienende Bleischrot befindet sich in dem Blechgefäß *G*, dessen Auslauf mit dem regulierbaren federnden Schieber *i* versehen ist, um die Bleischrote nach Belieben rascher oder langsamer austreten zu lassen, und sich automatisch schließt, wenn ein Zerreißen des Probeobjektes eingetreten ist.

Zur Prüfung selbst fertigt man sich mit Hilfe der dem Apparat beigegebenen Formen durch Gießen der geschmolzenen Asphaltmasse oder durch Pressen des Stampfasphaltpulvers bei dem in Frage kommenden Druck Versuchsobjekte von der aus der Zeichnung ersichtlichen Form, welche in die Klauen möglichst symmetrisch eingeschoben werden. Dann wird die untere Klaue durch das Stellrad *F* so weit nach unten gezogen, daß das Probeobjekt an den inneren Flächen der Klaue fest anliegt und der nur mit dem Eimer *C* belastete Hebel *A* ein wenig höher als in horizontale Lage kommt. Man öffnet nun durch Anziehen der Schnur den Auslauf *i* des passend über dem Eimer aufgestellten Schrotgefäßes und läßt den Inhalt bis zum Bruche der Probe abfließen. Der kleinste Querschnitt der Normalform ist 5 qcm. Wägt man also den Eimer mit Schrot jetzt an dem Haken *K* durch Gewichte auf der Schale *L*, so erhält man durch $^1/_{10}$ der Anzahl Gramme, welche beim Auswiegen erforderlich waren, den Ausdruck der absoluten Festigkeit in Kilogrammen für 1 qcm des Probeobjektes.

Nach Hauenschild[1]) läßt sich die Bestimmung der Zugfestigkeit natürlicher Asphalte nur bei höchstens 8° C und zwar bei rasch steigender Belastung ausführen. Folgende Tabelle, welche gleichzeitig die Druckfestigkeit, sowie die von Rankine mitgeteilte englische Druckprobe berücksichtigt, zeigt die Ergebnisse einer Reihe von Prüfungen an verschiedenen Stampf- und Gußasphaltproben.

Asphaltprobe	Druckfestigkeit bei 8° C pro 1 qcm	Zugfestigkeit in kg pro qcm	Eindringen der Eisenspitze nach Rankine bei 27° C mm
Stampfasphalt, Val de Travers, frisch	bei 52 kg unter Bersten zerfließend	26,5	6—7
Gestampfter Berliner Straßenasphalt	bei 93 kg unter Spalten zerfließend	30,0	7—8
Berliner Trottoirasphalt (Guß) Limmer	bei 65 kg bröckelnd zerfließend	24,38	5—6
Künstlicher Asphalt aus Steinkohlenpech, alter Stallbelag (Guß)	bei 148 kg unter Krach brechend	29,0	1—2
I. Ungar. Naturasphalt coulé, normal	bei 108 kg bröckelnd zerfließend	25,2	4—5
II. Ungar. Naturasphalt coulé, stark überhitzt	bei 109 kg rasch berstend	36,75	2—3
III. Ungar. Naturasphalt coulé, stark überhitzt	bei 112 kg rasch berstend	36,75	4—4,5

[1]) Deutsche Töpfer- u. Ziegler-Ztg., Dezember 1881.

Man ersieht auch aus dieser Tabelle, wie zweifelhaft der Wert derartiger Prüfungen ist; an einer wirklich zuverlässigen, mechanisch-technischen Prüfungsmethode der Stampf- und Gußasphalte, welche neben der Druck- und Zugfestigkeit auch die Haltbarkeit, bzw. Abnutzbarkeit des Materials berücksichtigt, fehlt es zur Zeit noch ganz und gar.

4. Dachpappen und Isolierplatten, Korkasphalt usw.

Die chemische Untersuchung der Dachpappen, Isolierplatten usw. hat Aufschluß zu geben über das Mengenverhältnis zwischen Asphalt und den übrigen Rohmaterialien, sowie über die Natur und Beschaffenheit der letzteren.

Durch Extraktion mit Benzol oder Schwefelkohlenstoff entzieht man dem (bei Dachpappen und Isolierplatten) in Streifen geschnittenen Material den Asphalt (Steinkohlenteerpech), dessen Menge man nach Abtreiben des Lösungs-

Fig. 179.



Fig. 180.



mittels aus dem Filtrat im Dampfstrom, zuzüglich etwa 20 Proz. für freien Kohlenstoff, ermitteln kann. Der Rückstand besteht aus der Rohpappe, dem Filz, Sand, Kies und dem Füllmaterial, die sich auf mechanischem Wege trennen und bestimmen lassen. Dabei behält die Rohpappe ihre Form bei, während Asphaltfilz (bei Isolierplatten) in die Fasern zerfällt; die Qualität dieser Rohmaterialien kann nach den im 10. Kapitel gegebenen Gesichtspunkten näher festgestellt werden.

Die technische Prüfung[1]) dieser Materialien erstreckt sich auf die Bestimmung der Dicke, der Zug- und Druckfestigkeit, sowie des Wasser- und Wärmedurchlässigkeitsvermögens.

Zur Ermittelung der Dicke bedient man sich der bekannten Dickenmesser mit Mikrometerschraube (Fig. 179) mit einer Vorrichtung zum Ablesen der Umdrehungen als Mittel zur Bestimmung der Dicke. Durch eine Reibungskuppelung ist bei diesem Apparat dafür Sorge getragen, daß die Schraube immer mit gleichem, nicht überschreitbarem Druck angepreßt wird. Sehr geeignet für diesen Zweck ist auch das Schoppersche Mikrometer, bei

---

[1]) Vgl. Rudeloff, Mitteilungen aus den königl. Versuchs-Anstalten zu Berlin 1894, S. 14.

dem die Dicke an einer kreisförmigen Skala in Hundertstel Millimeter abgelesen werden kann. Der auf einem festen Stativ montierte Apparat (Fig. 180) besteht aus einer Trommel A, welche sich durch einen Drücker d heben und senken läßt, so daß sich der zu messende Gegenstand leicht unter den Stempel s einschieben läßt. Beim Senken der Trommel läßt der Zeiger an der Trommel die Dicke ablesen.

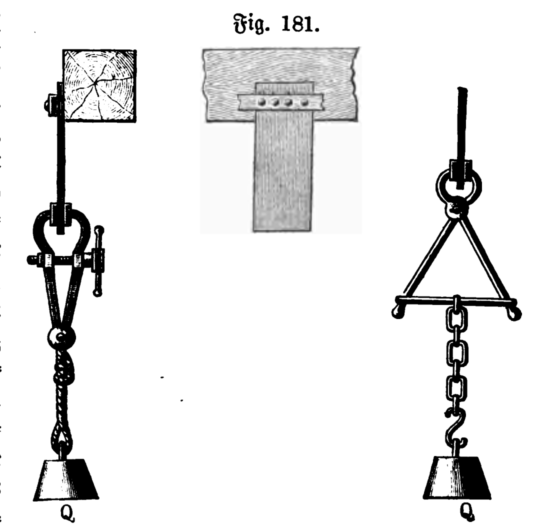


Fig. 181.

Bei der *Bestimmung der Zugfestigkeit* erfährt man zu gleicher Zeit auch den *Dehnbarkeitskoeffizienten*, welcher namentlich bei der Prüfung der Isolierplatten von Wichtigkeit ist. Einen ganz rohen Apparat für derartige Bestimmungen haben *Büsscher* und *Hoffmann*[1]) angegeben, der aus Fig. 181 ohne weiteres verständlich ist. Für genauere Bestimmungen dient besser ein nach Art der *selbstregistrierenden Papierprüfer* von *Lenner* gebauter Apparat, dessen Feder aber für eine Belastung von etwa 350 kg berechnet sein muß, so daß Streifen von 50 cm

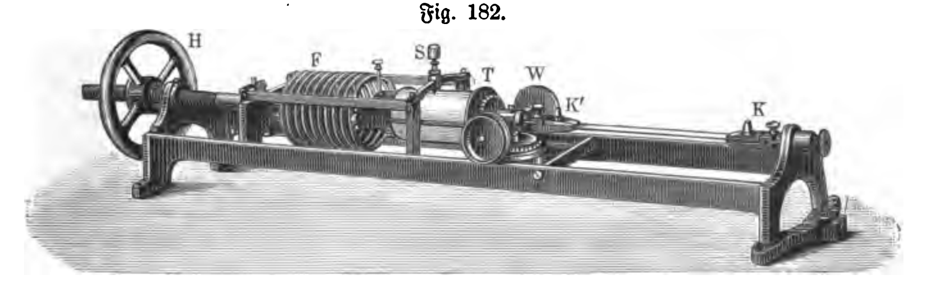


Fig. 182.

Länge und 10 bis 20 cm Breite eingespannt werden können. Fig. 182 zeigt die Konstruktion dieses Apparates.

Der Versuchsstreifen wird außerhalb des Apparates auf einem Hilfsapparat in die beiden Klemmen K und K' eingespannt, indem die eine Klemme an einem Stift aufgehängt, während die andere bis zu einem festen Anschlag zurückgezogen wird, der so weit entfernt ist, daß der eben straff gespannnte Versuchsstreifen die normale Länge besitzt. Alsdann werden die Klemmen mit den Streifen vermittelst Stiften in den Apparat eingesetzt, die eine (K) unver-

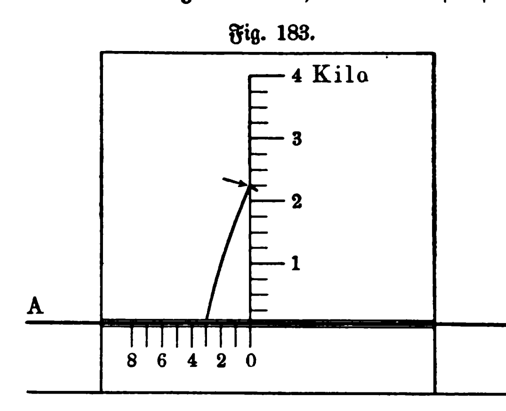
[1]) loco cit.

schiebbar an das eiserne Gestell desselben, die andere (K') an den beweglichen Wagen W. Zur Erzielung des Diagrammes wird die Trommel T mit Papier bespannt und der Schreibstift S eingesetzt.

Nun wird durch Drehen des Handrades H die Feder F durch Vermittelung der mit Gewinde versehenen Zugstange gespannt; entsprechend der Strecke, um welche die Feder ausgezogen wird, entfernt sich der Schreibstift von seiner Anfangsstellung, während das Zurückweichen des Wagens W infolge der Drehung des Versuchsstreifens eine durch zwei Kegelräder und ein Stahlband vermittelte Drehung der Trommel T bewirkt, so daß der Schreibstift S auf dem Papierblatt eine Kurve beschreibt, deren Ordinate der Zugspannung, deren Abszisse der Drehung entspricht.

Ein Zurückschnellen der Feder nach dem Zerreißen des Streifens wird durch Sperrklinken verhindert. Die Zeichentrommel ist nach Lösung einer Schraubenmutter um ihre Achse drehbar, so daß auf demselben Streifen nacheinander die Diagramme auch der Kontrollstreifen aufgenommen werden können.

Fig. 183.



Durch Zurückschieben des Wagens W nach Lösung der Mutter am Handrad wird die Nullinie, d. h. die Linie, auf der die Koordinatenanfangspunkte liegen, durch den Schreibstift S gezogen, worauf das Ausmessen der Dehnung und des Reißgewichts erfolgen kann. Um dies zu erleichtern, ist dem Apparat für jede Feder eine Glastafel beigegeben, auf welcher die beiden senkrecht zueinander stehenden Skalen für Reißgewicht und Dehnung eingeätzt sind. Diese Schablone wird so auf das ausgebreitete Diagrammblatt gelegt, daß die Nullinie zwischen das parallele Linienpaar der Glastafel zu liegen kommt und der Endpunkt der auszumessenden Kurve sich mit einem Punkt der senkrechten Gewichtsskala deckt, wie die Skizze (Fig. 183) zeigt. Vorausgesetzt, daß die Streifen normale Länge und Breite besaßen, ist dann der Wert für das Reißgewicht in Kilogrammen, der für die Dehnung direkt in Prozenten abzulesen.

Ähnliche Apparate, die zur Prüfung der Zugfestigkeit des Papiers verwendet werden, sind das einfache Dasymeter von Horack[1]), sowie die Zugfestigkeitsmesser von Wendler, Frömbling und Schopper[2]). Natürlich kann jeder Apparat dazu verwendet werden, bei dem es möglich ist, die Reißlänge an einer Skala abzulesen und das Reißgewicht zu bestimmen.

---

[1]) Winkler, Der Papierkenner, S. 125. — [2]) Vgl. Muspratts Chemie, 4. Aufl., 6, 1862 bis 1868.

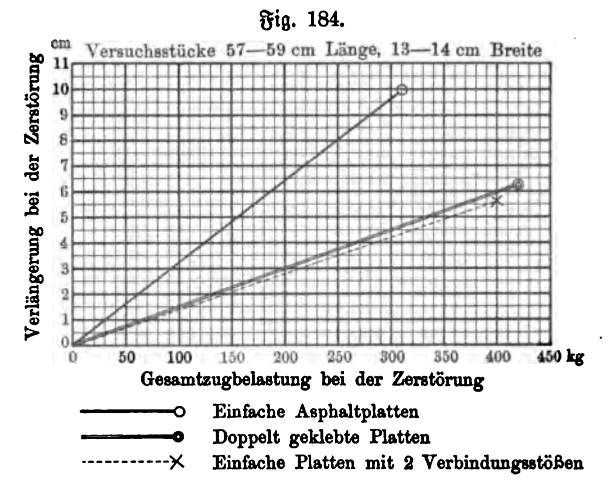
Zur Bestimmung der Druckfestigkeit kann die bereits früher erwähnte Amsler-Laffonsche Presse benutzt werden.

Als Beispiel führen wir in nachfolgender Tabelle die Resultate an, welche bei der im Auftrag der Firma Büsscher und Hoffmann[1]) durch die „Prüfungsstation für Baumaterialien“ an der königl. Gewerbeakademie (jetzt technische Hochschule) in Charlottenburg mit verschiedenen Materialien behufs Feststellung der Zugfestigkeit und Dehnbarkeit angestellt worden sind.

Versuchsstück 50 cm lang, 14 cm breit	Stärke in mm	Gewicht pro qm kg	Angewendete Belastung bis zur Zerstörung in kg	Stattgehabte Dehnung bei der Zerstörung in Prozenten der Länge
Asphaltfilzplatten von Büsscher u. Hoffmann . . .	7—13	14—18	313,5	20,0
Kiesplatten von Büsscher u. Hoffmann	5	10	115,4	4,1
Dachpappe, Klasse I	3,5	5	134,8	1,5
Siebelsche Isolierplatten mit Bleieinlage	4	6	105,7	3,8

Die Überlegenheit der Asphaltfilzplatten gegenüber den Kiesplatten (Isolierplatten mit Pappeinlage) und solchen mit Bleieinlage geht daraus zur Evidenz hervor. Ein Vergleich der einfachen Asphaltfilzplatten gegenüber den doppel-

Fig. 184.



lagigen und solchen einfachen Platten, welche durch mehrere Stöße miteinander verbunden sind, zeigt (Fig. 184), daß die Dehnbarkeit der ersteren größer, die Zerreißbarkeit der letzteren dagegen geringer ist.

[1]) loco cit.

Als schärfste Probe auf die **Wasserundurchlässigkeit** der Dachpappen und Isolierplatten findet man an manchen Orten, z. B. auch bei **Röthling**[1]), die Forderung, daß diese Materialien nach 24 stündigem Liegen in Wasser keine Gewichtsvermehrung aufweisen dürfen. Diese Forderung ist natürlich nur für unbestreute Pappen und Isolierplatten zulässig und auch hier nur bis zu einem gewissen Grade. Sie ist auch vollständig deplaziert, denn nicht darauf kommt es an, daß diese Materialien durch oberflächliche Benetzung kein Wasser aufnehmen, sondern, daß sie solches durch ihre Schicht unter einem gewissen Druck nicht hindurchlassen.

Die Fähigkeit der Dachpappen und Isolierplatten, oberflächlich Wasser aufzunehmen, hängt in erster Linie von der Natur und Beschaffenheit des Bestreuungsmaterials, und dann auch bis zu einem gewissen Grade von ihrem Alter ab. Bei ganz frischen Materialien ist sie geringer als bei abgelagerten, weil hier der Sand oder Kies usw. noch oberflächlich mit einem, wenn auch ganz dünnen Häutchen der flüchtigen Bestandteile des Asphaltmaterials überzogen ist, das die Benetzung des Bestreuungsmaterials durch Wasser mehr oder weniger verhindert. Beim längeren Lagern verflüchtigt oder verändert sich dieser Überzug, wodurch eine Benetzung des Bestreuungsmaterials ermöglicht wird. Poröse oder saugfähige Bestreuungsmateriale, wie Koks, Sägespäne usw., nehmen mehr Wasser auf als dichte, wie Quarzsand und Kies, woraus hervorgeht, daß die oben erwähnte Forderung in bezug auf Wasseraufnahme in dieser Allgemeinheit nicht gestellt werden darf.

Bezeichnung	Art der Bestreuung	Stärke einschl. Bestreuung mm	Gewicht von 100 qcm vor der Wasseraufnahme g	Gewicht von 100 qcm nach der Wasseraufnahme g	Wasseraufnahme g	Wasseraufnahme Proz. vom Gewichte d. trockenen Materials
Dachpappe 00 . .	Quarzsand, fein	4,75	57,50	60,00	2,50	4,34
Dachpappe 0 . . .	" "	3,30	45,70	47,20	1,50	3,28
Dachpappe I . . .	" "	2,60	40,30	41,30	1,00	2,48
Dachpappe II . .	" scharf	2,05	34,00	36,00	2,00	5,88
Dachpappe III . .	" fein	1,85	22,80	24,75	1,95	8,55
Dachpappe IV . .	" scharf	1,35	18,75	21,00	2,25	12,00
Dachpappe V . .	" "	0,75	12,00	16,00	4,00	33,33
Ruberoid	ohne	0,50	20,00	21,00	1,00	5,00
Asphaltplatten mit Pappeinlage	Gebrochener Kies 3-5 mm Durchm.	7,5	121,50	125,50	4,00	3,29
Asphaltplatte mit Filzeinlage	Gewaschener Kies 3-5 mm Durchm.	7,5	133,35	135,50	2,50	1,87

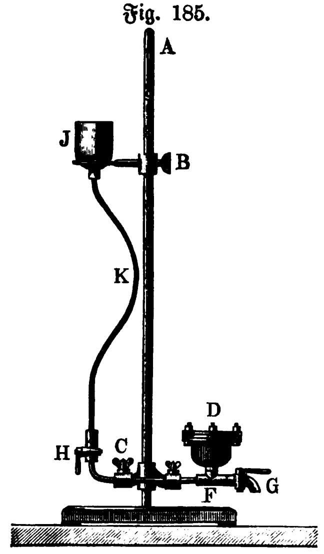
Um in dieser Beziehung einige Anhaltspunkte zu bieten, hat der Verfasser mit einer größeren Anzahl von Produkten renommierter Firmen vergleichende

[1]) Der Asphalt, S. 149.

Versuche angestellt, deren Resultate sich in obenstehender Tabelle zusammengestellt finden. Als Versuchsobjekte dienten Ausschnitte aus den betreffenden Materialien von 10 cm im Quadrat, welche, wie die Forderung lautet, je 24 Stunden in Wasser von gewöhnlicher Temperatur gelegt wurden. Sämtliche Muster rührten von gut abgelagerten Dachpappen und Isolierplatten her, und wurden, nachdem sie dem Wasser ausgesetzt waren, kantrecht auf eine Unterlage von Filtrierpapier gestellt, bis das ablaufende Wasser von diesem aufgenommen worden war.

Sämtliche Proben erwiesen sich bei der gleich zu beschreibenden Art der Untersuchung auf Wasserdurchlässigkeit bei Drucken von $^1/_4$ bis zu 1 Atmosphäre (je nach der Stärke) als nicht zu beanstanden. Da bei den vorstehenden Versuchen stets Objekte mit gleicher quadratischer Oberfläche zur Verwendung kamen, ergibt sich aus deren Resultaten die Abhängigkeit der Wasseraufnahme von der Art der Bestreuung, von welcher indessen der Wert des Materials durchaus nicht abhängig ist. Will man diese Prüfungsmethode beibehalten, so dürfte die Forderung im Sinne der vorstehenden Resultate dahin zu modifizieren sein, daß Proben von je 100 qcm Flächeninhalt bei 24stündigem Liegen in Wasser höchstens 1,5 g bei unbestreutem, oder 4,5 g bei bestreutem Material an Wasser aufnehmen dürfen.

Fig. 185.

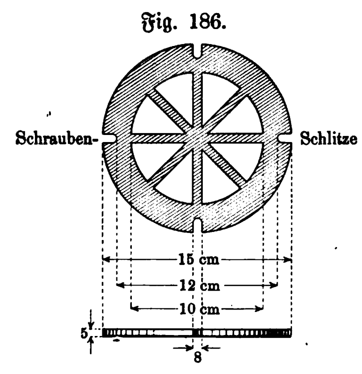


Zur Prüfung der Dachpappen und Isolierplatten auf Durchlässigkeit für Wasser hat sich der Verfasser einen einfachen Apparat (Fig. 185) konstruiert, dessen einzelne Teile sich überall leicht beschaffen lassen und der sich auch für andere Zwecke (z. B. zur Prüfung des Asphaltkittes auf Wasserdichtigkeit und Druckfestigkeit) mit geringen Abänderungen verwenden läßt. Das Stativ *A*, dessen mit Zentimetereinteilung versehene eiserne Stange den verschiebbaren Ring *B* und die gleichfalls verschiebbare Doppelklemme *C* trägt, dient zur Aufnahme des Objektträgers *D*, sowie des Druckgefäßes *J*, einer Glasglocke mit Tubulus am Scheitel. Der Objektträger *D* besteht aus einer gewöhnlichen schmiedeeisernen Reduktionsmuffe 4 × $^1/_4$ Zoll, an dessen weiterem Ende ein $2^1/_2$ cm breiter Flansch aufgelötet ist, der sich vermittelst Schlitzschrauben mit einem zweiten, nach Fig. 186 durchbrochenen Flansch fest verbinden läßt, zwischen welche das Versuchsobjekt eingespannt wird. Beide Flanschen sind auf den einander zugekehrten Flächen plan abgedreht. Das reduzierte Ende der Muffe ist mit Hilfe eines Nippels und T-Stückes einerseits verbunden mit dem Ablaufhahn *G*, andererseits mit dem nach aufwärts gebogenen Hahnrohr *H*, das sich mit dem Druckgefäß *J* durch den mit Gewindekuppelung versehenen starkwandigen Gummischlauch *K* verbinden läßt. Bei abgenommenem Flansch und Gummischlauch am Objektträger *D* liegen,

bei horizontaler Stellung desselben, am Stativ *A* das Ende des Hahnrohres *H* und die Oberfläche des angelöteten Flansches in einer Ebene.

Zur Versuchsanstellung benötigt man Proben von 12 bis 15 cm im Quadrat, die man wie folgt präpariert. Bei mit Sand oder Kies bestreuten Objekten legt man diese auf eine ebene eiserne Platte von 12 cm Durchmesser, entsprechend dem Lochkreis des Flansches am Objektträger. Auf die Mitte des Versuchsobjektes legt man eine runde, wenige Millimeter starke eiserne Platte von genau dem gleichen Durchmesser, den die Reduktionsmuffe des Objektträgers im Lichten zeigt. Unterlage, Objekt und Deckplatte werden mit Hilfe einer gewöhnlichen Schraubzwinge, welche im Zentrum der Deckplatte einsetzt, fest miteinander verbunden. Nun erwärmt man mit Hilfe eines Bunsenbrenners mäßig die über die Deckplatte hervorragenden Enden des Versuchsobjektes, so daß sich der darauf befindliche Sand oder Kies mit Hilfe eines eisernen Spatels leicht entfernen läßt, ohne daß die Pappe- oder Filzschicht dadurch verletzt wird. Mit dem erhitzten Spatel und unter Anwendung des Bunsenbrenners glättet man hierauf die durch die Entfernung der Bestreuung rauh gewordene Oberfläche des Präparates rings um die Ränder der Deckscheibe.

Fig. 186.



Nach dem Erkalten beschneidet man mit einem scharfen Messer das Probeobjekt, wobei der Rand der Unterlagsplatte als Lineal dient. Damit beide Scheiben, Deckscheibe über und Unterlagscheibe unter der Probe, auch zentrisch übereinander zu liegen kommen, ist jede in der Mitte mit einer kleinen Vertiefung versehen, in welche sich der Dorn der Schraubzwinge einsetzt. Bei un- oder nur einseitig bestreutem Material hat man natürlich lediglich den Zuschnitt zwischen den Platten vorzunehmen.

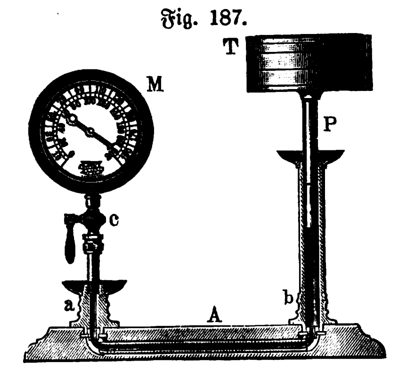
Zur Versuchsanstellung entfernt man den Deckflansch vom Objektträger einerseits und die Kuppelung mit dem Gummischlauch an der Hahnröhre andererseits und legt auf den angelöteten Flansch an dem Objektträger einen 1 cm breiten Verdichtungsring von schwacher Gummiplatte innerhalb des Lochkreises der Mutterschrauben. Dann füllt man bei geschlossenem Hahn *G* und geöffnetem Hahn *H* den vollständig horizontal gelagerten Objektträger mit der Vorsicht mit Wasser, daß der Meniskus der Flüssigkeit gerade über den Rand des aufgelöteten Flansches steht. Nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhren füllt sich auch das Hahnrohr *H* auf die gleiche Höhe mit Wasser. Dann legt man vorsichtig das mit der ganz bestreuten Seite innerhalb des Lochkreises des Deckflansches mit ein wenig Asphalt oder Siegellack festgeheftete Versuchsobjekt auf und zieht die Schrauben gleichmäßig an. Dabei tritt das überschüssige Wasser aus dem Hahnrohr *H* aus und sobald dies geschehen ist, schließt man den Hahn bei *H*. Hierbei ist zu bemerken, daß es zweckmäßig, namentlich bei besandeten oder bekiesten Objekten ist, die auf die Wasserfläche zu liegen kommende Seite vorher mit der Spritz-

flasche so weit anzufeuchten, daß die zwischen den Sand- oder Kiesteilchen befindliche Luft verdrängt wird, damit die Wasserfläche des Objektträgers die Oberfläche des Objektes auch gänzlich berührt.

Die den Objektträger haltende Doppelklemme *C* stellt man so ein, daß die untere Seite des Objektes mit dem Nullpunkte der Skala am Stativ in einer Ebene liegt. Man kuppelt den Gummischlauch *K* des Druckgefäßes *J* an das Hahnrohr *H* und füllt *J* soweit als nötig mit Quecksilber, worauf man den Ring *B* so weit hebt oder senkt, daß die Oberfläche des Quecksilbers mit dem Punkte der Skala am Stativ zusammenfällt, der dem Druck entspricht, unter welchem man das Versuchsobjekt auf seine Undurchlässigkeit prüfen will (76 cm Quecksilber = 1 Atm.). Sind alle diese Vorbereitungen getroffen, so öffnet man den Hahn bei *H* und läßt den Druck des Quecksilbers auf das Objekt wirken.

Ist das Objekt wasserdicht, so zeigt sich selbst nach 24 stündiger Einwirkung des Druckes keinerlei Veränderung. Bei schlechtem oder mangelhaftem Fabrikat zeigen sich entweder sofort nach der Anstellung des Druckes oder nach kurzer Wirkung desselben auf der zwischen den Verstärkungsstegen des Deckflansches zutage tretenden Oberfläche des Versuchsobjektes größere oder kleinere Perlen von Wasser, die sich rasch vergrößern, so daß schließlich die ganze Oberfläche des Versuchsobjektes unter Wasser steht. Wie lange man den Druck auf das letztere wirken lassen will, ist Sache der Vereinbarung; nach den Erfahrungen des Verfassers genügt eine Dauer von vier bis fünf Stunden aber vollkommen.

Fig. 187.



Natürlich können die Versuche mit dem beschriebenen Apparat auch in der Weise angestellt werden, daß man mit dem Druck gradatim in die Höhe geht und bestimmt, unter welchem Druck ein Durchlässigwerden des Materials eintritt.

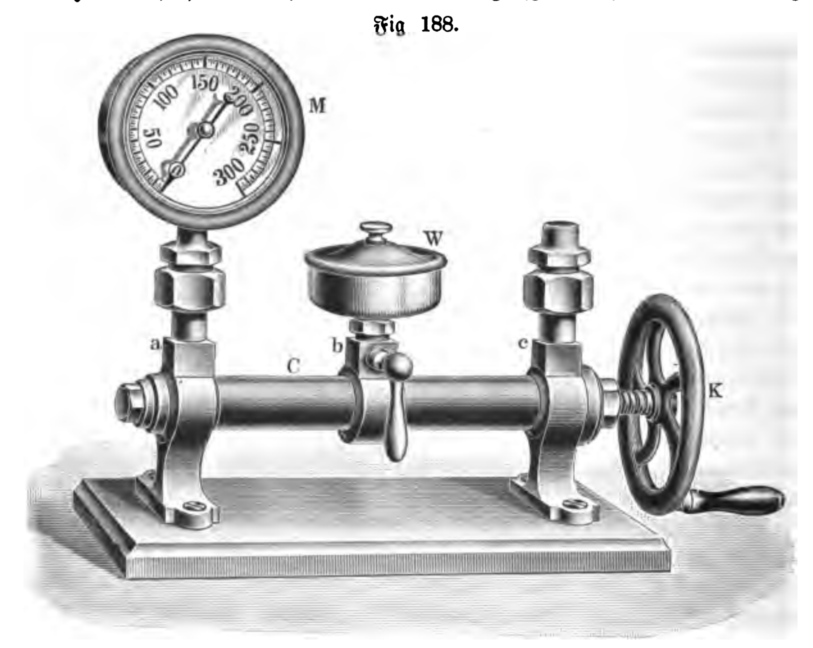
Mit Vorteil kann man sich bei derartigen Prüfungen auch der Apparate bedienen, welche in der Technik zum Testen der bekannten Federmanometer gebräuchlich sind. Die Fig. 187 und 188 zeigen die übliche Form derselben. Bei Fig. 187 ist das kommunizierende Rohr *a b* mit dem Fuß *A* vereinigt; *a* trägt die Hahnröhre *c*, auf welche das Manometer *M* aufgeschraubt ist. In *b* sitzt der Piston *P* mit dem Teller *T* zum Auflegen der Gewichte. Hat man zu diesem Apparat reguläre Gewichte, so setzt man einfach an Stelle des Manometers die Vorrichtung mit dem zu prüfenden Gegenstande und belastet den Teller *T* dem auszuübenden Druck entsprechend. Bei Verwendung von Belastungsstücken von unbestimmtem Gewicht hat man natürlich den bei der Prüfung anzuwendenden Druck mit Hilfe des Manometers auf der Hahnröhre *c* genau einzustellen, worauf man den Hahn schließt, das Manometer abschraubt und an dessen Stelle den Objektträger anbringt.

Einfacher gestaltet sich die Arbeit bei Anwendung des Apparates nach Fig. 188. Dieser besteht aus einem doppelten Messingzylinder *C*, von denen einer in den anderen montiert ist. Der Druck wird durch einen Piston mit Kurbelrad *K* auf den inneren Zylinder ausgeübt und teilt sich dem äußeren, mit den Ansätzen *a*, *b* und *c* in Verbindung stehenden Zylinder mit. Auf *a* befindet sich das Manometer *M*; der mit Hahn versehene Stutzen *b* trägt das Wassergefäß *W*, während der Stutzen *c* zum Anbringen des Objektträgers benutzt wird. Der ganze Apparat ist auf einer Platte befestigt.

Zuweilen ist man in die Lage versetzt, die Wärmedurchlässigkeit gewisser Asphaltmaterialien, z. B. bei Dachbedeckungen mit Dachpappe oder Holzzement, bei Isolierungen mittels Korkasphalt, Asphaltfilz usw. zu ermitteln. Hierzu hat Grünzweig[1]) ein Verfahren angegeben, das er wie folgt beschreibt.

„Für die Bestimmung der Wärmedurchlässigkeit ist vor allem erforderlich, dem zu untersuchenden Objekte eine durch lange Zeit konstante Wärmemenge

Fig 188.



zuzuführen. Man hat alsdann die Wahl, entweder die abgegebene Wärmemenge durch Differenz zu ermitteln (z. B. durch Messung des in einer bestimmten Zeit aus Dampf kondensierten Wassers) oder die durchgegangene Wärme direkt zu messen. Größere Reihen von Versuchen mit Apparaten, welche nach beiden Prinzipien konstruiert waren, führten zu dem Ergebnis, daß brauchbare Versuchsresultate nur auf dem letzteren Wege erhalten werden konnten und daher

[1]) Gesundheits-Ingenieur 1886, Nr. 16 u. 17.

war die endgültige Form des verwendeten Apparates folgende: Einer Kammer, deren Wände gegen Temperatureinflüsse so vollkommen als möglich durch schlechte Wärmeleiter geschützt werden, wird durch eine Dampfschlange eine konstante Wärmemenge zugeführt. Der Heizdampf wurde einem Tag und Nacht in Betrieb stehenden Dampfkessel entnommen. Die obere Seite dieser Kammer ist durch das zu untersuchende Objekt abgeschlossen. Über dieser Wand befindet sich ein ebenfalls gegen Temperatureinflüsse geschützter Raum, durch welchen eine während jeden Versuches konstante Luftmenge hindurchgeführt wird. Die Wärme, welche durch die Versuchsplatte hindurchgegangen ist, wird an den Luftstrom abgegeben und erhöht dessen Temperatur. Diese Temperaturerhöhung und die anemometrisch gemessene Luftmenge geben die Grundlage zur Berechnung der Wärmemenge, welche in einer bestimmten Zeit durch das zu untersuchende Material gegangen ist.

Fig. 189.

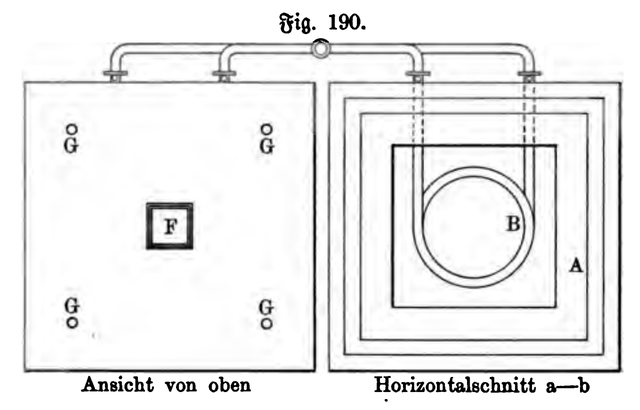
„Die Einrichtung des Apparates zeigen die Fig. 189 und 190. Die Dimensionen des Apparates sind so bemessen, daß eine Fläche von etwa 0,5 qm auf ihre Wärmedurchlässigkeit geprüft werden kann, so daß Resultate erhalten werden, welche direkte Übertragung auf die Praxis gestatten. Zur Anstellung der vergleichenden Untersuchungen dienen zwei vollständig gleiche Apparate I und II. Der Raum, in welchem dieselben sich befinden, ist ebenfalls nach allen Seiten hin gegen Temperatureinflüsse durch schlechte Wärmeleiter geschützt.

„In Fig. 189 ist A eine aus Korksteinen hergestellte quadratische Kammer, welche durch eine kupferne Dampfschlange B mittels Dampf von etwa 5,5 Atmosphären Überdruck geheizt wird. Als Abschluß der Kammer nach oben dient das zur Untersuchung bestimmte Objekt C. Über demselben befindet sich ein Raum D, welcher mittels eines Deckels E nach außen abgeschlossen ist; dieser Deckel besteht aus dünnen Papierlagen, zwischen welchen sich Luftschichten befinden. Ein derartiger Abschluß schützt möglichst gegen äußere Temperatureinflüsse und besitzt möglichst geringe Eigenwärme. Es ist dies notwendig, damit er leicht den Temperaturschwankungen der Luft folgen kann, ohne auf den Gang des Versuches störend einzuwirken. Dieser Deckel trägt einen

Ventilationsschlot *F*, dessen Wände ebenfalls aus Papierlagen gebildet sind. Der Lufteintritt erfolgt durch vier an den Ecken des Deckels angebrachte Öffnungen *G*. Die Temperatur der eintretenden Luft wird durch Thermometer gemessen, welche sich unmittelbar über den Öffnungen befinden. Die Temperatur der abströmenden Luft wird durch ein in dem Ventilationsschlot befindliches Thermometer *H* gemessen. Sämtliche Thermometer sind in $^1/_{10}$ Grad geteilt. Zur Messung der durchströmenden Luftmenge dient ein Anemometer *J*, welches durch eine Öffnung in den Ventilationsschlot hereingebracht werden kann. Die Temperatur im Heizraum wird durch das Thermometer *K* gemessen.

„Der Gang der Untersuchung ist nun folgender: Nachdem der Apparat mit dem zu untersuchenden Objekt beschickt und der Beharrungszustand eingetreten ist, was je nach der Art des Präparates ein- bis dreimal 24 Stunden in Anspruch nimmt, beginnen die Beobachtungen. Der Eintritt des Beharrungszustandes wird ersichtlich, sobald das Thermometer im Heizraum konstante Temperatur zeigt, ebenso die oberen Thermometer gleichmäßigen Gang aufweisen. Während der Dauer eines Versuches, der sich auf etwa 24 Stunden erstreckt, werden etwa sechs bis zehn Ablesungen sämtlicher Thermometer und des Anemometers vorgenommen. Diese Beobachtungen sind bei den geringen

Fig. 190.



Ansicht von oben — Horizontalschnitt a—b

Schwankungen während der Dauer eines Versuches, wie Vorversuche ergeben haben, vollständig zur Gewinnung sicherer Resultate ausreichend. Das Mittel dieser gut übereinstimmenden und sich selbst kontrollierenden Beobachtungen wird wie üblich zur Berechnung gezogen. Es ergeben sich bei einem Versuch folgende Daten:

1. Temperatur im Heizraume,
2. Temperatur der einströmenden Luft,
3. Temperatur der austretenden Luft,
4. Luftmenge.

„Daraus läßt sich die Wärmemenge, welche in einer bestimmten Zeit durch das Versuchsobjekt hindurchgegangen und an die durch den oberen Raum strömende Luft abgegeben wurde, wie folgt, berechnen. Nennt man *Q* das aus dem anemometrisch gemessenen Luftquantum berechnete Luftgewicht, t und t_1 die

Eintritts- bzw. Austrittstemperatur der durch den Ventilationsschacht angesaugten Luft, so ist

$$Q(t_1 - t) \times 0{,}23741 = W,$$

oder derjenigen Wärmemenge, welche in der Zeiteinheit an die Luft abgegeben, bzw. durch das Versuchsobjekt hindurchgegangen ist. Für absolute Messungen wäre es notwendig, daß bei den vorstehenden Beobachtungen auch der Barometerstand, sowie der Feuchtigkeitsgehalt der Luft mit in Rechnung gestellt würde; außerdem kommt aber noch in Betracht, daß bei den fortwährend wechselnden äußeren Temperaturverhältnissen und dem Einfluß derselben auf den Versuchsapparat die Gewinnung vergleichbarer Zahlenwerte für verschiedene Objekte außerordentlich schwierig, ja geradezu unmöglich wäre. Um sich von diesen Einflüssen unabhängig zu machen, sind für die vergleichenden Versuche zwei gleichgebaute, gleichmäßig funktionierende und im gleichen Raume befindliche Apparate aufgestellt, wodurch die erwähnten störenden Einflüsse ausgeschlossen sind und die Beobachtungen auf die vorstehend genannten beschränkt werden können.

„Es ist natürlich erforderlich, die beiden Apparate auf ihr gleichmäßiges Verhalten zu prüfen; zu diesem Zwecke werden dieselben zuerst leer, d. h. ohne Abdeckung *C* der Heizkammer, sodann mit Einlage je einer Korkplatte, bzw. einer Eisenplatte, welche ausgewechselt werden, untersucht. Man findet dabei einen Koeffizienten zur Korrektur der Resultate des zweiten Apparates, dessen Richtigkeit von Zeit zu Zeit durch Kontrollversuche festzustellen ist."

Bei einer Größe der Versuchsobjekte von etwa 0,5 qm sind dieselben den Verhältnissen in der Praxis angepaßt. Als Vergleichsobjekt benutzt Grünzweig eine Korksteinplatte von 40 mm Stärke, welche nach zahlreichen Versuchen sehr annähernd 100 Wärmeeinheiten in der Stunde durchpassieren läßt.

„Die umstehende Tabelle enthält die Beobachtungen und Ergebnisse der Untersuchung dreier Objekte im Vergleich zum Normalobjekt, Korksteinplatte von 40 mm Stärke.

„Die Zahlen unter I beziehen sich auf den zum Vergleich benutzten Apparat, der stets mit einer 40 mm starken Korksteinplatte belegt war. Die Zahlen unter II geben die Beobachtungen im zweiten Apparat mit verschiedenen Objekten.

„Eine genauere Vergleichung der Zahlen zeigt, wie notwendig es ist, zur Gewinnung vergleichbarer Zahlenwerte die Beobachtungen gleichzeitig an zwei Apparaten auszuführen. Bei den drei zu verschiedenen Zeiten angestellten Versuchen schwankten die Temperaturen der eintretenden Luft (d. h. im Beobachtungsraume) zwischen 9 und 20° C, und dementsprechend gingen durch die Korksteinplatte im Apparat I 90, bzw. 99 und 103,8 Wärmeeinheiten pro Stunde. Da beide Apparate den gleichen Einflüssen unterworfen sind, so sind die dadurch entstehenden Verschiebungen der Vergleichswerte für die Vergleichung eliminiert, was auf andere Weise nicht möglich gewesen sein würde. Welche Genauigkeiten die relativen Zahlen besitzen, geht aus dem unter 2 angeführten Versuche hervor, bei welchem beide Apparate mit einer Korksteinplatte beschickt waren. Die für die Wärmedurchlässigkeit ermittelte Zahl zeigt bei Apparat I

	I. Beobachtungen												II. Ergebnisse				
	A. Temperaturen								B. Luftmengen				C. Durchgegangene Wärmemengen				
	Im Heizraum		Der eintretenden Luft t		Der austretenden Luft t_1		Temperaturdifferenz $t_1 - t$		Geschwindigkeit nach dem Anemometer		Luftmenge pro Minute		auf 0,435 qm und Stunde			auf 1 qm und Stunde	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	IIa	IIb korrig. mit 1,07	I	II korrig.
	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	m pro Min.	m pro Min.	cbm	cbm	W.-E.	W.-E.	W.-E.	W.-E.	W.-E.
1. Eine Lage dünnes Papier. 7. Januar 1886	132	112,5	14,0	13,4	30,5	48,1	16,5	34,7	25,5	35,0	0,367	0,504	99,0	273,6	292,7	228,0	673,0
2. Korksteinplatte 40 mm dick 4. März 1886	129,5	130,5	9,3	8,5	25,7	25,0	16,4	16,5	26,2	24,2	0,377	0,348	103,8	96,6	103,4	238,0	238,0
3. Ziegeldach verschalt mit Korksteinplatten 65 mm dick, auf Gipserlättchen verlegt und beiderseitig mit Gips verputzt. 5. April 1886	131	138	19,7	19,2	35,4	29,6	15,7	10,4	24,5	18,5	0,353	0,266	90,3	45,9	49,1	208,0	113,0
4. Kasten leer	131,5	82,0	14,8	15,2	31,0	76,2	16,2	61,0	25,2	49,5	0,363	0,713	97,14	626,4	670,2	223,0	154,0

und II Übereinstimmung bis auf 0,4 Proz. Man bemerkt ferner, daß die Temperatur im Heizraume um so niedriger wird, je größer die Wärmedurchlässigkeit der untersuchten Abschlußplatte ist, was sich dadurch erklärt, daß die Heizschlange stets eine gleiche Menge Wärme zuführt. Ebenso steht die durch den Schlot abströmende Luftmenge mit der Temperatur derselben und dadurch mit der Wärmedurchlässigkeit im Zusammenhange.

„Interessant ist es ferner zu sehen, wie sich die Verhältnisse gestalten, wenn in dem Apparat die Abschlußplatte ganz weggenommen und eine freie Kommunikation der Luft zwischen Heizraum und Ventilationsraum eintreten kann. Diese Beobachtungen sind unter Nr. 4 in der Tabelle aufgeführt. Vergleicht man diese Werte mit denen unter 1, wo ein Blatt Papier den Abschluß bildet, so ersieht man, daß die Temperatur im Heizraume von 112,5 auf 82° herabsinkt, die Temperaturzunahme der Luft 61° gegenüber 34,7° bei Papierabschluß und die Geschwindigkeit im Ventilationskanal 49,5 gegen 35 pro Minute beträgt."

Grünzweig gibt eine große Reihe von Beobachtungen über die Wärmedurchlässigkeit einzelner Gruppen von Bau- und Bedachungsmaterialien, bei deren Feststellung der gleiche Gang eingeschlagen worden ist und auf deren interessante Einzelheiten verwiesen werden muß.

Die Untersuchung und Prüfung zahlreicher anderer Asphaltprodukte, deren spezielle Aufführung unter den vorstehenden Methoden unterlassen worden ist, kann unter Anpassung an die Natur des Materials nach einem oder dem anderen der beschriebenen Verfahren oder unter passender Kombination derselben erfolgen. Es dürfte überflüssig sein und uns auch hier zu weit führen, alle die einzelnen Methoden, die beschrieben worden sind und in ihren Prinzipien sich mit den obigen decken, ausführlich zu besprechen.

Nachträge.

Zu S. 13. Pechelbronn. Nach C. Engler[1]) besitzen wir schon aus dem Jahre 1498 einen Bericht von Wimpheling über den Erdölbrunnen von Pechelbronn. Hiernach war diese Quelle von Alters her bekannt und hatte den Namen einer Pechquelle, des „Pechelbronnens“, ohne Zweifel daher erhalten, daß dort eine Wasserquelle kontinuierlich ein fast schwarzes, dickes Erdöl mit zutage förderte. Nach Daubrée[2]) sollen bereits im 16. Jahrhundert die benachbarten Landleute dieses Öl gesammelt und teils zum Brennen in Ampeln, teils als Wagenschmiere verwendet haben.

Zu S. 13. Pechelbronn. Über das Erdöl von Pechelbronn und das Elsässer Erdölgebiet überhaupt finden sich eingehende Mitteilungen noch bei Andreae, „Abhandlungen zur geologischen Spezialkarte von Elsaß-Lothringen“ II, Heft 3, Straßburg 1884; van Wervele, Zeitschr. f. prakt. Geol. III, 98; IV, 41; Le Bel, „Notice sur les Gisements de Pétrole à Pechelbronn“, Colmar 1885; Flicke und Bleiker, „Récherches sur les terrains tertiaires d'Alsace“, Colmar 1885.

Zu S. 13. „Hanauischer Erd- und Wunderbalsam“. Hierüber findet man historisch wertvolle Angaben in A. Libavius, „Singularium“, cont VIII; Joh. Dolk, „Hannawischer Erdbalsam, Petroleum usw.“ 1625; Hoeffel, „Hist. Balsami mineralis alsatici“, Argentorat. 1734; ferner bei Rößlin, „Tractat. supra allegat.“ im 16. Jahrhundert und A. Herzog in der „Elsässer Chronik“.

Zu S. 13. Lobsann. Jasper[3]) gibt als Jahr der Entdeckung des Bitumens daselbst 1789 an, während Höfer[4]) dieselbe in das Jahr 1756 verlegt. Wahrscheinlich erfolgte die Entdeckung aber noch früher, da Eirinis schon 1735 seinen Wohnsitz in die Mühle von Merkweiler, zwischen Sulz unterm Wald und Pechelbronn verlegte[5]).

---

[1]) Verh. des Naturw. Vereins XV, Karlsruhe 1902. — [2]) Descript. géol. et min. du Dép. Bas Rhin, Straßburg 1852. — [3]) „Das Vorkommen von Erdöl usw.“, Straßburg 1890. — [4]) „Das Erdöl und seine Verwandten“ 1888. — [5]) Vgl. C. Engler, „Das Petroleum des Rheintals“. Verh. des Naturw. Vereins XV, Karlsruhe 1902.

Zu S. 21. Asphalt vom Toten Meer. Über das Vorkommen und die Gewinnung von Asphalt in der Türkei macht ein vom englischen auswärtigen Amt aus den Einzelberichten der Konsularbeamten zusammengestelltes Buch[1]) folgende Angaben: Das wichtigste Vorkommen und zugleich auch das wichtigste von den durch Bergbau gewonnenen Produkten der Provinz ist das von Syrien. Der Asphalt findet sich hauptsächlich in Hasbeya, westlich vom Berge Hermon, wo er während der letzten 70 Jahre mit größeren oder geringeren Unterbrechungen gewonnen worden war. Ursprünglich gehörte Land und Bergwerk einer wohlbekannten alten Moslemfamilie von Shehab, die es bearbeitete, wenn sie Geld brauchte, und es wieder schloß, wenn der vorübergehende Geldbedarf gedeckt war. Unter ägyptischer Verwaltung wurde das Bergwerk konfisziert und blieb längere Zeit unbearbeitet. Um das Jahr 1856 erhielten Kaufleute aus Damaskus von der türkischen Regierung die Erlaubnis, so viel von dem Produkt auszubringen, als ihnen beliebte. Diese Konzession wurde zeitweilig gegen Zahlung einer Pauschalsumme erneuert, bis vor sieben Jahren die Behörden den Entschluß faßten, das Bergwerk zu verpachten, und es zur Auktion stellten. Ibrahim Absi wurde Pächter gegen Zahlung von $65^1/_2$ Proz. der ganzen Jahresausbeute. Dieses Pachtverhältnis blieb sechs Jahre bis zum Tode Absis in Kraft, wurde aber nicht wieder erneuert, da sich unter solchen Verhältnissen ein anderer Pächter bis jetzt nicht fand.

Ein Asphalt von sehr guter Qualität findet sich auch in der Nähe des Dorfes Ain-et-Tineh, gleichfalls in der Provinz Syrien, aber es ist zweifelhaft, ob das Lager mächtig genug ist, um seine Ausbeutung lohnend zu machen.

Auch in der Provinz Beyrut, in der Nähe des Libanons, ist Asphalt und Bitumen gefunden worden, deren Gewinnung und Aufarbeitung ein Engländer vor etwa zwei Jahren übernommen hat. Er wartet augenblicklich noch auf die Ausstellung eines Firman, bevor er den Export aufnehmen kann.

Zu S. 23. Asphaltsee von Trinidad. Ausführliche, und in jeder Beziehung außerordentlich interessante Mitteilungen über dieses großartige Asphaltlager gibt der kürzlich erschienene Bericht[2]) der vom englischen Kolonialsekretär eingesetzten Kommission zur Untersuchung aller die Asphaltindustrie von La Brea berührenden Fragen zwecks Schlichtung der Streitigkeiten zwischen den das Lager ausbeutenden Gesellschaften. Wir entnehmen demselben das Folgende:

Die Asphaltlager im Distrikt La Brea sind zweierlei Art: das eine, bekannt unter dem Namen Seepech („lake pitch"), befindet sich innerhalb des sog. Pechsees und das andere, bekannt unter dem Namen Landpech („land pitch") liegt außerhalb desselben in dem als „pitch lands" bezeichneten Boden. Diese „pitch lands" (Pechländereien) liegen nördlich vom See und zwar befindet sich die bedeutendste gegenwärtig bekannte Ablagerung in einem schmalen Landstreifen, welcher von dem See zunächst in nordöstlicher Richtung läuft, um

---

[1]) Zeitschr. f. angew. Chem. 1903, S. 901. — [2]) Ebenda, S. 1021.

späterhin in fast gerader nördlicher Richtung das Vorgebirge Pointe La Brea zu erreichen. Die Länge dieses Landgürtels beträgt ungefähr eine Meile, seine durchschnittliche Breite etwas mehr als 150 Yards. In dem nördlichsten Zipfel liegt das Dorf La Brea, weshalb dieser Distrikt bisweilen auch als das Dorfland bezeichnet wird. Der Pechsee liegt an der nördlichen Seite einer niedrigen Erhöhung, die den Namen Vessigny Hill führt und sich bis zu 200 Fuß über dem Meeresspiegel erhebt. Die Entfernung vom westlichen Ende des Sees bis zum Meere beträgt nur ungefähr eine halbe Meile, die Entfernung in nördlicher Richtung ist bedeutend größer.

Der See selbst bietet das Aussehen eines flachen Asphaltfeldes dar, das in der Mitte um 6 bis 9 Zoll höher ist als an den Rändern; er hat ungefähr die Form eines Kreises, einen Durchmesser von etwa einer halben Meile und befindet sich ungefähr 130 Fuß über dem Meeresspiegel. In der Nähe seines Randes ist er von einer dünnen Bodenschicht bedeckt, die ein üppiges Wachstum tropischer Graspflanzen trägt; ähnliche mit Gras bewachsene Stellen im See selbst werden als Inseln bezeichnet. Das gesamte Areal des Sees stellt sich auf ungefähr 127 Acres (1 Acre = 40,5 a). Er liegt in einem Bassin, das ringsherum von einem 3 bis 8 Fuß hohen Rand umschlossen ist; letzterer ist erst durch die Entnahme von Asphalt, welche den Spiegel des Sees niedriger gemacht hat, sichtbar geworden. Noch bis zum Jahre 1886 war nichts an demselben zu bemerken. Die Oberfläche wird von zahlreichen flachen Kanälen durchschnitten, in denen sich das Regenwasser ansammelt, das mit Hilfe von durch den Rand gezogenen Gräben abgezogen werden muß; infolge der beweglichen Natur des Asphalts verändern sich Lage und Dimension dieser Kanäle fortwährend. Während der trockenen Jahreszeit ist das Wasser leicht salzig und enthält erhebliche Mengen von Schwefelmetallen; an verschiedenen Plätzen zeigen sich kleine Gasblasen. Der mittlere Teil des Sees ist weicher als der Rand, doch ist der See an keinem Punkte in einem flüssigen, oder auch nur halbflüssigen Zustande.

Die sämtlichen Ländereien zwischen der Pointe d'Or-Lagune im Osten und der Pointe Rouge im Westen enthalten Asphaltlager von größerem oder kleinerem Umfang, die einander gleichen, deren Asphalt sich aber vom Seeasphalt durch größere Härte und Trockenheit, wie auch durch einen höheren Gehalt an erdigen Beimengungen unterscheiden. Lager von Landasphalt sind an verschiedenen Plätzen erschlossen worden, hauptsächlich in dem erwähnten Landstrich von La Brea. Die Grenzen des letzteren sind ziemlich genau bekannt, im übrigen aber läßt sich nur sagen, daß sich ein anderer, asphalthaltiger Landstrich in nordöstlicher Richtung längs der Seeküste in die Pointe d'Or-Lagune erstreckt, über dessen Bedeutung aber noch nichts festgestellt worden ist; möglicherweise ist diese Ablagerung überhaupt nicht fortlaufend. Andere, ähnliche Lager kommen in den Brighton-Ländereien vor. Durch die auf Veranlassung der Kommission angestellten Bohrungen hat sich herausgestellt, daß die Ablagerungen in den Dorfländereien einen unregelmäßigen Kanal bilden, der sich allmählich nach der Mitte zu bis zu 50 Fuß vertieft. Bei jeder Bohrung fand man unterhalb des Asphaltbettes eine 3 bis 15 Fuß mächtige Ton-

schicht, die mit mehr oder weniger Asphalt durchsetzt ist. In einem Bohrloch traf man in einer Tiefe von ungefähr 80 Fuß Anzeichen von Torf. In der Nähe von Pointe Rouge, westlich vom See, befindet sich eine kleine Quelle von Asphaltöl, deren Ergiebigkeit indessen nur gering ist. Es hat sich gezeigt, daß dieses Öl, da wo es der Luft ausgesetzt ist, sich verdickt und einen dem Seeasphalt ähnlichen Stoff bildet.

Die geologische Struktur der ganzen Asphaltgegend ist außerordentlich unklar. Das Nebengestein besteht anscheinend aus einem weichen, braunen Tonschiefer, der gewöhnlich sehr sandig ist, stellenweise aber Betten von ziemlich reinem Ton aufweist. Ihre Lagerung ist wahrscheinlich fast horizontal mit nur geringen, wellenförmigen Erhebungen.

Der aus dem See ausgegrabene Asphalt ist von dunkelbrauner Farbe, fast ohne Lustre und von erdigem Bruch; der Landasphalt kommt in drei Varietäten vor, welche von den Gräbern als „Käsepech“, „Schieferpech“, „Eisenpech“ oder „Steinpech“ bezeichnet werden. Das Käsepech gleicht dem Seepech dem Aussehen nach, ist aber ein wenig härter und schwärzer; Schieferpech ist Käsepech, in welchem die eingeschlossenen Luftblasen durch Druck flach gepreßt sind, wodurch die Masse eine blätterige, schieferige Struktur erhalten hat. Steinpech oder Eisenpech stellt einen durch Hitze zusammengeschmolzenen Asphalt dar. Der Schmelzpunkt des Asphalts liegt bei 110 bis 150° C, je nach der Varietät, doch beginnt er schon bei 51 bis 54° C weich zu werden; einzelne Varietäten sind sogar bei einer Temperatur von 5° C noch weich. Wie alle viskosen Stoffe fließt der Asphalt unter dem Druck seines eigenen Gewichts und zwar um so schneller, je höher Temperatur und Druck steigen. Bei der gewöhnlich zu La Brea herrschenden Temperatur kann er mit Hilfe der Haue gewonnen und leicht mit einem schwachen Schlag aufgebrochen werden. In Massen angehäuft fließt er indessen bei derselben Temperatur unter seinem eigenen Gewichte.

Zusammensetzung, Löslichkeit und Verhalten der verschiedenen Varietäten bei der Destillation gibt Carmody wie folgt an (siehe umstehende Tabellen).

Über die Entstehung dieser Asphaltlagerungen sind verschiedene Theorien aufgestellt worden; die allgemeine Ansicht geht dahin, daß der Asphalt ursprünglich in Form von Asphaltöl in dem erwähnten Bett von braunem Schiefer existiert hat und in bestimmte, unterirdische Reservoirs hindurchgesickert ist, die im Laufe der gewöhnlichen Erhebung des Bodens in Verbindung mit der Wegräumung der an der Erdoberfläche befindlichen Überlagerungen allmählich dem Einfluß der Atmosphäre ausgesetzt wurden, wobei das Öl sich verdickte und die heutigen Asphaltlager bildete. Man hat ferner angenommen, daß die Kanäle, in welchen die Landablagerungen liegen, in früheren Zeiten das Bett eines Flusses bildeten, der über dem See hinfloß und die über dem damals noch halbflüssigen Asphalt gelagerten Schichten durchbrach, worauf sich der Asphalt frei in die Kanäle ergoß.

Wenn diese Ansicht richtig ist, so würde daraus folgen, daß die vorhandene Menge von Asphalt sowohl in den See-, wie in den Landablagerungen genau begrenzt ist und daß mit dem Abbau, je nach dem Umfang der Förderung, die

a) Zusammensetzung.

	Wasser Proz.	Asche Proz.	Bitumen Proz.	Andere organische Substanz Proz.
Lake-Asphalt, weich	29,04	24,12	45,60	1,24
„ „ gewöhnlich	26,04	27,52	42,00	4,44
„ „ „	32,04	25,64	35,20	7,12
Eisenpech	0,80	40,08	52,80	6,32
Braune Erde	15,00	69,56	3,60	11,84

b) Löslichkeit.

	Gesamtmenge des in		Prozentsatz des in Petroleumäther löslichen Bitumens
	Schwefelkohlenstoff löslichen Bitumens Proz.	Petroleumäther löslichen Bitumens Proz.	
Lake-Asphalt, weich	45,60	24,00	52
„ „ gewöhnlich	42,00	21,60	51
„ „ „	34,20	18,00	51
Eisenpech	52,80	25,60	48
Braune Erde	3,60	1,60	44

c) Verhalten bei der Destillation.

	Bis 150° C		150—300° C		Über 300° C		Rückstand und Asche	Gase und Destillationsverlust
	Wasser Proz.	Öl Proz.	Wasser Proz.	Öl Proz.	Wasser Proz.	Öl Proz.	Proz.	Proz.
Lake-Asphalt, weich	9,0	1,0	0,5	8,5	—	15,0	39,0	27,0
„ „ gewöhnlich	6,5	0,7	4,5	2,8	—	14,5	41,0	30,0
„ „ „	11,0	1,5	8,0	5,5	4,0	8,0	43,0	19,0
Eisenpech	1,0	0,7	—	4,8	—	19,0	58,0	16,5
Braune Erde	4,0	—	2,0	—	2,0	2,5	76,0	13,5

Oberfläche der Ablagerung sinken muß. Seit dem Jahre 1893 sind ungefähr 1 Million tons herausgenommen worden; das Areal hat einen Umfang von 127 Acres. Nehmen wir an, daß 80 Kubikfuß Asphalt durchschnittlich 1 tons entsprechen, so repräsentiert das Sinken der Oberfläche um 1 Fuß die Entnahme von 1450 tons per Acre oder für das ganze Areal des Sees

203 000 tons. Seit dem Jahre 1893 ist die Oberfläche um ungefähr 4,75 Fuß gefallen, was einer Förderung von ungefähr 874 000 tons entspricht, wozu noch ungefähr 300 000 tons der Landablagerung zu rechnen sind.

Die in dem See noch vorhandene Menge Asphalt läßt sich mangels genauer Angaben nicht mit Sicherheit bestimmen. Der Asphalt soll eine Tiefe von 138 Fuß, möglicherweise sogar 150 Fuß erreichen. Angenommen, daß dies der Fall ist, und daß die Ablagerung ungefähr die Gestalt eines Kugelsegment's besitzt, so enthält der See ungefähr 150 Millionen tons; nimmt man weiter an, daß die Dorfablagerung eine durchschnittliche Mächtigkeit von 30 Fuß hat, so enthält diese bei einer Oberfläche von 70 Acres ungefähr 2 Millionen tons.

Die Ausfuhr von Land- und Seeasphalt betrug in tons à 1000 kg = 2240 Pfd.:

Landasphalt.

Jahr	Nach den Vereinigten Staaten	Nach Europa	Nach anderen Ländern	Zusammen
1897	19 243	1343	682	21 268
1898	18 160	1087	872	20 119
1899	26 130	695	150	26 945
1900	34 796	251	197	35 244
1901	31 767	1704	1446	34 917

Seeasphalt.

Jahr	Nach den Vereinigten Staaten	Nach Europa	Nach anderen Ländern	Zusammen
1897	74 407	34 856	680	109 943
1898	48 424	35 537	2999	86 960
1899	70 777	41 956	2359	115 092
1900	70 938	47 352	4453	122 743
1901	80 449	54 761	844	136 054

Sind obige Berechnungen richtig, so ist also eine Erschöpfung des Lagers noch lange nicht zu befürchten.

Zu S. 27. Asphalt von Venezuela. Nach dem englischen Handelsbericht[1]) ist es sehr wahrscheinlich, daß der Asphalt von Venezuela für die Zukunft eine große Bedeutung erlangen wird. Der Asphalt kommt von den Ufern des Maracaibosees, und die Konzession wird ausgebeutet von einer amerikanischen Gesellschaft, welche während der letzten sechs Monate im Jahre 1902 davon ungefähr 3355 tons verschifft hat. Um bessere Transportverhältnisse zu ermöglichen, hat man inzwischen eine eigene Eisenbahn von den Minen bis zum Versandhafen am Maracaibosee erbaut.

[1]) Journ. Soc. Chem. Ind. 1903, p. 973.

Zu S. 28. **Bituminöses Gestein.** Zu dem hier erwähnten Vorkommen von aspalthaltigem Gestein sind natürlich auch die mächtigen Lager von **Ölschiefer**, wie wir sie besonders im oberen Lias des schwäbischen Jura, vor allem bei Reutlingen, dann besonders in Schottland und an vielen anderen Punkten der Erde in teilweise großartiger Ausdehnung (vgl. S. 62) antreffen, zu zählen. Man war lange Zeit der Meinung, daß deren zum Teil sehr beträchtlicher Bitumengehalt sich dem Gestein durch die bekannten Lösungsmittel nicht entziehen lasse, daß deren Bitumen also unlöslich ist und erst durch den Prozeß einer trockenen Destillation in öl- oder kohlenwasserstoffartiger Form gewonnen werden könne. Daher galt es als wesentlich durchaus verschieden von dem den Gegenstand dieses Werkes bildenden natürlichen Bitumen oder dem Erdöl.

C. Engler[1]) hat aber neuerdings in seiner sehr interessanten Arbeit über das Petroleum des Rheintals (vgl. die Nachträge zu S. 72, 73, 75 u. 89) gezeigt, daß dieses Bitumen nicht allein durch Benzol zum großen Teil extrahierbar ist, sondern, daß es auch zum Petroleum und Asphalt in den innigsten Beziehungen steht, da diese sich mit ihren sämtlichen charakteristischen Bestandteilen mit Leichtigkeit daraus gewinnen lassen. Wenn man das Bitumen des Liasschiefers nach Englers[2]) Methode unter einem Überdruck destilliert, gewinnt man etwa zwei Drittel seines Gewichts an Destillat, welches in seinen wesentlichen Eigenschaften mit Petroleum übereinstimmt neben brennbaren Gasen, Wasser und als Rückstand etwa 16 Proz. Asphalt und Pech.

Der Ölschiefer bei Langenbrücken (Baden) und Reutlingen ist übrigens so reich an Bitumen, daß derselbe an beiden Orten früher abgebaut und in Fabriken auf Mineralöl verarbeitet wurde, die lediglich aus dem Grunde nicht dauernd existenzfähig waren, weil von 1860 ab das amerikanische Erdöl die anderen Mineralöle vom Markte verdrängte[3]). Aus dem badischen Schiefer wurden 5 bis 7 Proz. öliges Destillat erhalten, während der Reutlinger davon bis über 10 Proz. und außerdem noch $2^1/_2$ Proz. Gase liefert.

„Die Menge Erdöl, welche nur allein aus diesen in ihrem Umfange schätzungsweise bestimmten Posidonomyenschiefern des Lias *E* bei Ubstadt-Langenbrücken und bei Boll-Reutlingen entstehen könnte, sobald dieselben durch Hebungen und Senkungen und dabei eintretende Verwerfungen und Eintauchen in tiefere wärmere Zonen unter die Bedingungen des Druckes und der Temperatur zur Umwandlung in Petroleum gelangen, läßt sich auf tausende von Millionen Zentner schätzen (vgl. S. 62) und beträgt jedenfalls mehr, als die Petroleumfelder der Karpathen (Galizien) schätzungsweise aufweisen, nicht zu rechnen die gewaltigen Massen von bituminösen Schichten, die unserer Wahrnehmung entgehen."

Auch an anderen Orten werden die Petroleumfundstätten mit dem Vorhandensein derartiger bituminöser Schichten in Zusammenhang gebracht, so von Szajnocha[4]) das galizische mit den gewaltigen Ablagerungen bituminöser Melinitschiefer der Karpathen.

---

[1]) Verh. d. Naturw. Vereins XV, Karlsruhe 1902. — [2]) Ber. d. d. chem. Ges. XXI, 1818. — [3]) Vgl. Dorn, „Der Liasschiefer usw.". Tübingen 1877. — [4]) Naphtha 1889.

Zu S. 29. Asphalt von Kalifornien. E. O'Neill[1]) berichtet über das Erdöl von Kalifornien. Das größte, bis jetzt entdeckte Ölfeld ist das von Kern County, wo gegenwärtig täglich 20 000 bis 25 000 Barrels versandt werden, aber noch viele Brunnen außer Tätigkeit sind. Das Öl entspringt in einer mittleren Tiefe von ungefähr 800 Fuß, ist dick, schwarz und von hohem spezifischen Gewicht (9 bis 22° Bé) und enthält 10 bis 40 Proz. Asphalt und viel feinen Sand, welcher sich beim Stehen zu Boden setzt. Die ganze Ölproduktion Kaliforniens wird für 1902 auf 13 Mill. Barrels geschätzt. Folgende Tabelle zeigt die Siedepunkte des Öls der hauptsächlichsten Gebiete:

Distrikt	Wasser Proz.	Unter 100° Proz.	Von 100—150° Proz.	Von 150—250° Proz.	Von 250—350° Proz.	Von 350° bis Asphalt Proz.	Asphalt Proz.	Verlust
Kern	1,40	0,00	0,00	3,90	34,00	27,20	31,60	1,90
Coalinga . . .	0,00	0,00	32,60	28,20	17,20	16,00	5,00	1,00
Ventura	9,50	0,00	0,00	11,20	34,05	8,75	36,50	—
Humboldt . . .	0,00	5,20	27,40	28,20	17,20	16,00	5,00	1,00
Newhall	0,00	12,50	46,20	32,27	—	3,23	5,30	0,50
Santa Cruz . .	21,50	0,00	0,00	6,20	34,00	24,40	12,80	1,10

Die Rohöle von Kern County und Ventura sind demnach als eine Art Bergteer zu betrachten.

Zu S. 30. Asphalt in Rußland. Im Laboratorium der kaiserlich russischen technologischen Gesellschaft[2]) ist neuerdings eine Untersuchung des Roherdöls und Asphalts von Saghalien ausgeführt worden; das Öl enthält nur wenig niedrigsiedende Produkte und ist daher nur als Heizmaterial, ähnlich dem Öl von Texas zu verwenden. Der Fundort ist in der Nähe von Alexandrowsk, wo es an der Oberfläche austritt und der ganze Distrikt mit einer Ablagerung von natürlichem Erdpech bedeckt ist. Dieses ist spröde, enthält Muschelinkrustationen und ist schwerer als Wasser. Es ist reicher an löslichem Bitumen als der Trinidad- und syrische Asphalt und gibt an Äther 75 Proz. ab, während 24,5 Proz. unlöslich bleiben; doch beträgt der Aschengehalt nur 0,5 Proz. Sein Schmelzpunkt liegt sehr hoch, da es erst bei 160° C zu erweichen beginnt, während die anderen natürlichen Asphalte schon bei 135 bis 150° schmelzen. Infolge seiner Brüchigkeit ist dieser Asphalt für Pflasterzwecke nicht zu verwenden und man beabsichtigt, um ihn brauchbarer zu machen, ihn mit dem am gleichen Orte gefundenen Rohöl weicher zu machen.

Zu S. 42. Vorkommen des Asphalts. Neueren Nachrichten[3]) zufolge finden sich auch in Spanien, in der Provinz Katalonien ausgedehnte

[1]) Journ. Am. Chem. Soc. 1903, p. 699; Journ. Soc. Chem. Ind. 1903, p. 990. — [2]) Petr. Rev. and Min. News 9 [237], p. 230; Journ. Soc. Chem. Ind. 1903, p. 1080. — [3]) Foreign Office Annual Series No. 3053; Journ. Soc. Chem. Ind. 1903, p. 1028.

Mineralzonen, welche Asphalt, Braunkohle und Petroleum führen und von der „Compania General de Asfaltos y Portland" ausgebeutet werden. Die Mutung liegt bei Pobla de Lillet, im äußersten Norden von Katalonien am Fuße der Pyrenäen, 35 km von Ripoll. Die Kohlenminen liegen am Fuße des Cattleras, und die Betriebskraft für die Werke wird durch einen mächtigen Fall des Llobregatflusses geliefert.

Zu S. 72. Maberys Ansichten über die Umwandlung des Erdöls in Asphalt. Diese Ansichten werden bestätigt durch alle neueren Untersuchungen über das Erdöl, z. B. die von Sabine (S. 74), Engler[1]) und Flachs[2]) wonach der Asphalt neben anderen als ein charakteristischer Bestandteil aller Erdöle zu betrachten ist. Da aber seine Bestandteile als komplexere Verbindungen anzusehen sind, als die vorherrschenden des Erdöls, so ist an einem allmählichen Übergang dieser letzteren in Asphalt (und Pech) gar nicht mehr zu zweifeln, es sei denn, daß man, allerdings ohne Grund, annimmt, daß sämtliche Bestandteile des Erdöls gleichzeitig nebeneinander entstanden sind.

Zu S. 73. Bentheimer Asphalt. Diese von mir bezüglich des Bentheimer Asphalts, resp. der verschiedenen Reaktionsstadien in der Polymerisation oder Oxydation der Asphalte geäußerte Ansicht erscheint C. Engler (freundliche Privatmitteilung) aus dem Grunde sehr beachtenswert, weil es ihm bei der Extraktion des Reutlinger Ölschiefers mit Benzin gelungen ist, ziemliche Mengen eines Bitumens von der Konsistenz des dicksten Schmieröls zu gewinnen, welches die charakteristischen Bestandteile des Erdöls — Pech, Asphalt und Paraffin — enthielt, während ein Teil des Bitumens nicht extrahiert werden konnte. Das durch das Lösungsmittel völlig extrahierte Gestein liefert noch Schweeldestillate und das diesen zugrunde liegende, unlösliche Bitumen konnte auch nicht durch Verseifen mit Alkalien oder Säuren gewonnen werden, konnte also auch nicht in Form einer Seife gebunden sein. Die Annahme liegt nahe, daß man es hier mit einem weiter vorgeschrittenen Umwandlungsprodukt des Erdöls, ähnlich dem Bentheimer Asphalt, zu tun hat; ob sich dasselbe aber aus Asphalt oder aus Pech gebildet hat, dürfte schwer zu entscheiden sein. Vielleicht gehen beide mit der Zeit in unlösliche, komplexe Verbindungen über.

Zu S. 73. Asphalt als Verdampfungsrückstand des Erdöls. Seit neuere Untersuchungen ergeben haben, daß der Asphalt ein ständiger und charakteristischer Begleiter der Erdöle ist, kann diese Anschauung allerdings nicht ohne weiteres von der Hand gewiesen werden, dürfte aber doch nur für gewisse Vorkommen des Asphalts zutreffend sein.

Zu S. 74. Bildung des Asphalts aus Petroleum durch Oxydation oder Polymerisation. C. Engler (freundliche Privatmitteilung) ist

[1]) Das Petroleum des Rheinlandes, Verh. des Naturw. Vereins XV, Karlsruhe 1902. — [2]) Inauguraldissertation, Basel 1902.

der Ansicht, daß sowohl Oxydations-, als auch Polymerisationsvorgänge bei der Umwandlung des Petroleums nebeneinander herlaufen und daß wahrscheinlich, entsprechend den neuesten Untersuchungen Kronsteins[1]) die Autoxydation der Kohlenwasserstoffe durch den Sauerstoff der Luft die Polymerisationserscheinungen erst einleitet. So ist nach seiner Meinung das im rohen Erdöl enthaltene Pech als ein Polymerisationsprodukt aufzufassen, der Asphalt dagegen als ein Produkt der Oxydation der Petroleumkohlenwasserstoffe anzusehen. Diese Anschauung würde allerdings einen größeren Sauerstoffgehalt des Asphalts voraussetzen, der aber nur von älteren Forschern (vgl. die Tabelle auf S. 81) gefunden worden ist, während nach neueren Forschern der Asphalt entweder sauerstofffrei und ein Gemisch von Kohlenwasserstoffen ist oder viel Schwefel, dagegen nur untergeordnete Mengen von Sauerstoff enthält. Die von Engler (a. a. O.) mitgeteilten Analysen von Asphalt und Pech, welche er aus Reutlinger Schiefer und Elsässischem Erdöl erhalten hat, geben für ersteren den Gehalt an Schwefel und Sauerstoff zusammen zu 11,20 bzw. 9,14 Proz. an. Da das ursprüngliche Reutlinger Bitumen indessen nur einen Schwefelgehalt von 1,13, dagegen einen Sauerstoffgehalt von 5,68 Proz. aufweist, so muß der letztere auch in dem daraus erhaltenen Asphalt überwiegen, wenngleich sich auch der ganze Schwefelgehalt in diesem angehäuft hat. Asphalt und Pech entstehen nach Englers Ansicht jedenfalls nebeneinander und ersterer vielleicht noch zum Teil aus letzterem durch Oxydation.

Zu S. 75. Rolle des Schwefels bei der Bildung von Asphalt aus Erdöl. Die Frage, ob dem Schwefel als Bestandteil des Asphalts eine prinzipielle Bedeutung bei seiner Bildung oder Konstitution zukommt, scheint mir durch die neueren Untersuchungen von C. Engler[2]) und Alexander Flachs[3]) der Entscheidung näher gebracht zu sein. Genannte Autoren fanden in dem Bitumen des Lias E von Reutlingen von der Zusammensetzung C = 80,77 Proz., H = 11,10 Proz., N = 1,32 Proz., S = 1,13 Proz. und O = 5,68 Proz. neben einem Paraffin vom Schmelzpunkt 44 bis 45° ein schwefelfreies Pech und einen schwefelhaltigen Asphalt, der in seiner Zusammensetzung und seinen Eigenschaften die größte Ähnlichkeit mit dem aus Erdöl von Pechelbronn gewonnenen zeigt. Es scheint also, daß nur der Asphalt schwefelhaltig, daß Pech dagegen frei von Schwefel ist. Beide zusammen bilden aber das Produkt, das man gemeinhin als Asphalt bezeichnet.

Je nach dem Vorherrschen des einen oder anderen dieser Bestandteile wird also der Asphalt einen größeren oder geringeren Schwefelgehalt aufweisen oder gänzlich davon frei sein, wenn das Produkt ausschließlich aus „Pech" besteht. Durch diese Annahme würden auch die abweichenden Resultate der Untersuchung verschiedener Asphalte durch Kayser, Endemann, Clifford Richardson u. a. eine natürliche Erklärung finden.

Was nun die Rolle des Schwefels bei der Bildung des Asphalts anbelangt,

---

[1]) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1902, S. 4150, 4153. — [2]) Verh. des Naturw. Vereins XV, Karlsruhe 1902. — [3]) Inauguraldissertation, Basel 1902.

so kann diese sowohl in einer Einwirkung auf die Petroleumkohlenwasserstoffe, als auch des sogen. Pechs bestanden haben. Das Auftreten von Schwefelwasserstoff im Wasser des Trinidad-Pechsees (S. 27), im Roten Meer (S. 64) und an Erdöl- oder Asphaltlagerstätten überhaupt spricht jedenfalls für eine derartige Tätigkeit des Schwefels. In bezug auf die Herkunft des zur Reaktion erforderlichen Schwefels genügen den Anforderungen sowohl die Theorie von Engler, als auch die von Kraemer und Spilker, im ersten Falle durch die Wirkung in Verwesung begriffener tierischer Substanz auf vorhandene Sulfate, im zweiten Falle durch die Lebenserscheinungen der Schwefelbakterien (S. 56). Von der Menge der vorhandenen Sulfate, bzw. der in Tätigkeit befindlichen Schwefelbakterien dürfte es dann abhängig gewesen sein, ob sich vorherrschend schwefelfreies Pech oder schwefelhaltiger Asphalt gebildet hat. Es ist begreiflich, daß ein genauer Einblick in diese Verhältnisse sich erst dann gewinnen läßt, wenn eingehende, systematische Untersuchungen der Asphalte unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse ihres Vorkommens vorliegen.

Zu S. 89. Bergteer von Pechelbronn. Nach C. Engler[1]) zeichnet sich das Erdöl von Pechelbronn und Schwabweiler durch einen ausnehmend hohen Gehalt an Asphalt und Pech aus. Man wird nicht fehl gehen, wenn man annimmt, daß im Bergteer dieser Provenienz ein Produkt mit besonders gehäuftem Asphalt- und Pechgehalt vorliegt. Asphalt und Pech sind verschiedene Substanzen; beide lösen sich in Benzol und in Äther und werden aus der ätherischen Lösung durch Alkohol zusammen ausgefällt. Man kann sie nach einem von A. Flachs[2]) ausgearbeiteten, auf den älteren Methoden von Engler und Böhm, sowie von Holde fußenden Verfahren, welches in der Extraktion des Gemisches mit Ligroin von höchstens 45° Siedepunkt, also dem leichtesten Kohlenwasserstoffe des Erdöls, besteht, bestimmen. In einem derartigen, leichtesten Ligroin ist das Pech löslich, der Asphalt dagegen unlöslich.

Der auf diese Weise aus Destillationsrückständen von Pechelbronner Erdöl abgeschiedene Asphalt zeigte folgende Zusammensetzung:

Kohlenstoff	81,75	Proz.
Wasserstoff	7,27	„
Stickstoff	1,84	„
Sauerstoff und Schwefel	9,14	„

C. Engler[3]) konnte ferner aus dem bituminösen Lias E bei Langenbrücken und Reutlingen durch Extraktion mit siedendem Benzol ein Bitumen von braunschwarzer Farbe und bei gewöhnlicher Temperatur salbenartiger Konsistenz (Bergteer) gewinnen, das bei wenig höherer Temperatur flüssig wird und bei 17° ein spezifisches Gewicht von 0,9714 besitzt. Die Analyse desselben ergab folgende Resultate:

[1]) Verh. des Naturw. Vereins XV, Karlsruhe 1902. — [2]) Inauguraldissert., Basel 1902. — [3]) loc. cit.

	I Proz.	II Proz.	III Proz.	Mittel Proz.
Kohlenstoff	80,83	80,69	—	80,77
Wasserstoff	11,08	11,11	—	11,10
Stickstoff	1,22	1,27	1,49	1,32
Schwefel	1,13	—	—	1,13
Sauerstoff (Diff.)	—	—	—	5,68

Bei der Trennung der Bestandteile nach der obigen Methode wurde außer einem aus Kohlenwasserstoffen bestehenden, aber nicht weiter untersuchten Öl ein Paraffin vom Schmelzpunkt 44 bis 45° erhalten, das in viel Alkohol löslich ist, kristallinische Struktur und folgende Zusammensetzung besitzt:

Kohlenstoff . . . . 85,54 Proz.
Wasserstoff . . . . 14,49 „

Der Asphalt dieses Bitumens bildet ein tiefschwarzes Pulver, welches erst bei 140 bis 145° erweicht und in Benzol vollkommen löslich, in Ligroin unlöslich ist. Die Analyse desselben ergab:

	I Proz.	II Proz.	Mittel Proz.
Kohlenstoff	78,68	79,01	78,85
Wasserstoff	—	8,59	8,59
Stickstoff	1,34	1,38	1,36
Sauerstoff inkl. Schwefel	—		11,20

In seinen allgemeinen Eigenschaften stimmte der Asphalt vollkommen mit dem aus Pechelbronner Erdölrückständen erhaltenen überein.

Das Pech des Bitumens bildet ebenfalls eine tiefschwarze Masse, die bei gewöhnlicher Temperatur spröde, bei schwacher Erwärmung weich und elastisch ist. Es löst sich in Ligroin vollständig auf und ist unlöslich in Alkohol. Seine Analyse ergab:

Kohlenstoff . . . . 84,92 Proz.
Wasserstoff . . . . 10,85 „
Sauerstoff . . . . 4,23 „

Die Eigenschaften und Zusammensetzung dieses Pechs sind die gleichen wie desjenigen aus Pechelbronner Erdöl. Außerdem existiert eine nahe Beziehung zu dem von Reicher[1]) aus galizischem Erdwachs gewonnenen „Ozokerol".

Beim Vergleich der Analysen des Pechs und Asphalts untereinander findet man, daß bloß der letztere einen Gehalt an Schwefel aufweist. Dieser Befund erinnert lebhaft an den von Kayser untersuchten Asphalt von Barbadoes, welcher gleichfalls aus einem Gemisch von geschwefelten und ungeschwefelten Kohlenwasserstoffen besteht.

[1]) Inauguraldissertation, Bern 1888.

Zu S. 140. Verbesserung des Asphaltpulvers für Stampfasphaltarbeiten. M. Ketterl und E. Köllner[1]) wollen die Wetterfestigkeit von Stampfasphaltbekleidungen für Fußböden, Straßen u. dgl. dadurch erhöhen, daß sie dem Asphaltpulver vor dem Auftragen Bleiglätte und Glyzerin beimengen. Die Mengenverhältnisse sind am vorteilhaftesten, wenn zu 100 Tln. Asphaltpulver 15 Tle. Bleiglätte und 10 Tle. Glyzerin eingearbeitet werden. Der Asphalt soll durch diesen Zusatz ein außerordentlich festes Gefüge erlangen, offenbar infolge Bildung von Bleiglyzeriden.

Zu S. 144 und 177. Ausführung von Stampf- und Gußasphaltstraßen usw. W. H. Delano[2]) macht ausführlichere Mitteilungen über die neuere Entwickelung der Asphaltindustrie. Er hat gefunden, daß die besten Resultate bei Fahrstraßen erzielt werden, wenn man eine 20 mm (3/4 Zoll) dicke Schicht von Asphalt auf eine vierzöllige Unterbettung von Beton, bestehend aus gewaschenem Flintkies, Flußsand und bestem Portlandzement im Verhältnis von 4 : 3 : 1 legt. Jede Vertiefung in der Oberfläche des Betons ist sorgfältig auszufüllen und zu glätten mit einem Mörtel, bestehend aus 3 Tln. Sand und 1 Tl. Zement. Im Sommer sollte der Beton fünf Tage, im Winter dagegen sieben Tage liegen bleiben, bevor die Asphaltdecke aufgetragen wird. Für Gußasphaltfußwege genügt ein Beton aus hydraulischem Kalk mit einem Mörtelguß. Anstatt das Asphaltpulver bei Stampfarbeiten vor dem Auftragen zu erwärmen, in welchem Falle die Betonoberfläche trocken sein muß, kann man den Asphalt auch kalt verlegen, indem man ihn vorher anfeuchtet mit einer Lösung von Kautschuk in Petroleumspiritus. Platten aus Stampfasphalt sind vorteilhaft, wo nur geringe Inanspruchnahme der Straße vorhanden ist, weil sie keine großen Einrichtungen beim Verlegen auf der Straße selbst erfordern. Man legt sie in nassen Portlandzementmörtel auf eine Zementbetonunterbettung, gießt die Fugen mit dünnem Zementbrei aus und fegt die Oberfläche hinterher unter vorherigem Aufstreuen von Sägemehl ab. (Das Vergießen der Fugen mit Zement ist unvorteilhaft, weil es den natürlichen Verband der Platten durch das Bitumen verhindert. K.)

Zu S. 164. Reinigung des Trinidadasphalts. In den großen amerikanischen Asphaltfabriken, welche sich mit der Herstellung von gepreßten Asphaltplatten für Straßenpflasterung befassen, erfolgt eine vorgängige Reinigung des Erdpechs von mineralischen Verunreinigungen und eingeschlossenem Wasser durch einfaches Schmelzen desselben und Erhitzen bis zur Verflüchtigung des Wassers, worauf der Asphalt von den inzwischen zu Boden gesunkenen, oder auf der Oberfläche schwimmenden Verunreinigungen durch Abziehen getrennt wird. Die Arbeit vollzieht sich in Schmelzkesseln von gewaltigen Dimensionen, die teils liegende geschlossene Zylinder von 10 bis 15 Fuß Durchmesser und 20 bis 25 Fuß Länge, teils offene, wannenartige Gefäße von 10 Fuß Breite, 18 Fuß

[1]) D. R.-P. Nr. 114520 vom 28. August 1902. — [2]) Proc. Inst. Civ. Eng. 152, [2], 3—13, 1902—1903; Journ. Soc. Chem. Ind. 1903, p. 1047.

Tiefe und 22 Fuß Länge vorstellen, und über einem großen Gittergewölbe mit Feuerung eingemauert sind. Beide Formen der Kessel sind nach Art der Cornwallkessel gebaut, d. h. sie besitzen in ihrem oberen Teil, von einer Stirnwand zur anderen durchgehend, je zwei Flammrohre von etwa 2 Fuß Durchmesser, welche die Rauchgase von hinten durch den Kessel zurückführen nach zwei seitlich angebrachten, gemauerten Zügen, welche sie passieren müssen, bevor sie in den gemeinschaftlichen Fuchs einfallen. Ein derartiger Kessel der wannenförmigen Konstruktion nimmt nach der Einmauerung bis zum Rand bei 30 Fuß Höhe eine Fläche von 15 × 28 Fuß ein. Man hat die Größe und Konstruktion dieser Apparate so gewählt, nicht allein, weil das Verfahren sich billiger stellt, je größer man (bis zu einem gewissen Grade natürlich) die Dimensionen der Gefäße annimmt, durch bessere Ausnützung der Wärme und Reduktion der Arbeitslöhne, sondern namentlich auch wegen der Vermeidung von Verlusten infolge von Anbrennen und lokalem Überhitzen des Asphalts durch die gleichmäßige Verteilung der Wärmezufuhr auf den ganzen Inhalt der Schmelzkessel.

In amerikanischen Asphaltfabriken wird kein Erdpech irgend welcher Provenienz verarbeitet, ohne daß es zuvor einer derartigen Raffinierung unterworfen worden ist. Einzelne Fabriken, wie z. B. die Hastings Pavement Company in Hastings, N. Y., ziehen dem Erhitzen über freiem Feuer wegen der damit verbundenen Feuersgefahr das Schmelzen mit überhitztem Dampf vor (vgl. S. 192), was zweifellos nicht ohne vorteilhaften Einfluß auf die Güte des raffinierten Asphalts sein dürfte.

Zu S. 173. Herstellung von Asphaltmastix. H. D. Blake[1]) stellt einen Asphaltmastix für Pflaster- oder andere Zwecke her, indem er 10 Tle. natürliches Bitumen (Bergteer) mit 40 Tln. feinem Sand, zerkleinertem Kalk oder ähnlichen Materialien und 50 Tln. Mineralasphalt (Erdpech von Trinidad u. dgl.) zusammenschmilzt.

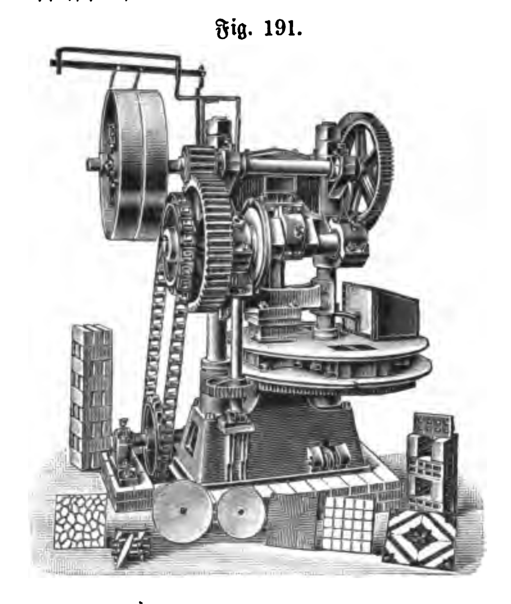
Zu S. 189. Fertige Platten aus Gußasphalt. Nach freundlicher Mitteilung der Firma C. Lucke, Maschinenfabrik, Eilenburg i. S. hat sich zur Herstellung von Asphaltmastixplatten deren automatische Kniehebelpresse *B* im Betrieb außerordentlich gut bewährt. Die Presse (Fig. 191) hat im Stempel eine Vorrichtung zum Kühlen mit kaltem Wasser, so daß auch die gepreßten Platten abgekühlt werden, bevor sie die Presse verlassen. Eine wesentliche Verbesserung gegenüber der Presse *A* 1 (s. Fig. 34 auf S. 155) ist der runde, rotierende Preßtisch, sowie die bedeutend größere Druckfähigkeit, die zusammen eine sehr gesteigerte Leistungsfähigkeit ergeben.

Die Presse arbeitet völlig automatisch, d. h. die Drehung des runden Tisches, das Pressen der Platten selbst, sowie das Ausstoßen der letzteren aus den Formen geschieht ganz selbsttätig durch den eigenen Mechanismus derselben. Andere Neuerungen an der Presse bezwecken eine größere Schonung ihrer einzelnen Teile und eine ruhige, stoßfreie Bewegung des Preßtisches, wodurch auch tadellose Preßprodukte erzielt werden.

[1]) Franz. Pat. Nr. 329 993 vom 6. März 1903.

Mit größtem Erfolg läßt sich diese Presse auch zur Herstellung von komprimierten Stampfasphaltplatten verwenden.

Fig. 191.



Zu S. 207. Asphaltbeton. W. H. Delano[1]) betont neuerdings ganz besonders den hohen Wert des Asphaltbetons für die Verhinderung von Vibrationen bei Dampfhämmern, Tunnels, eisernen Brückenkonstruktionen und schweren Geschützen. Ganz besonders wertvoll ist der Asphalt auch für die Fundamentierung von Panzertürmen in Festungen u. dgl., weil er nicht, wie Zementbeton, infolge der Erschütterungen in seine Bestandteile zerfällt, sondern höchstens Sprünge bekommt.

Zu S. 214. Gummisurrogate aus künstlichem Asphalt. E. Jasset[2]) stellt ein Kautschuksubstitut, „Synthetical" genannt, her, indem er 100 Tle. Steinkohlenteer mit 25 Tln. Borsäure, phosphoriger Säure oder Jodwasserstoffsäure bis zum Siedepunkt erhitzt; die Dämpfe läßt er verbrennen, bis sie eine grüne Farbe zeigen (in der Flamme? K.). Die Mischung wird dann in ein passendes Gefäß gebracht, in welchem sie bei einer Temperatur von 60° C erhalten wird, während ein Luftstrom hindurchgeleitet wird. Nach einer gewissen Zeit wird die Heizung abgestellt und das Produkt auf dem Wasserbad getrocknet. Es bildet einen braunen, hochelastischen Körper, der dieselbe Zusammensetzung besitzt wie Kautschuk oder Guttapercha und als Substitut für dieselben verwendet werden kann.

---

[1]) Proc. Inst. Civ. Eng. 152 [2], 3—13, 1902—1903; Journ. Soc. Chem. Ind. 1903, p. 1047. — [2]) Franz. Pat. Nr. 327959 vom 13. Mai 1902; Journ. Soc. Chem. Ind. 1903, p. 1007.

Zu S. 214. Guttaperchaersatz. Einen solchen stellen Felten u. Guillaume[1]) her, indem sie Wachse, Harze, Asphalt, Teer oder Pech in der Weise zähflüssiger machen, daß sie Wasser, entweder mit oder ohne gelöste Salze, in die auf über 100° erhitzten Substanzen eintropfen lassen. Das Verfahren hat sonach eine große Ähnlichkeit mit der A. Gentzsch[2]) patentierten Methode zur Erhöhung des Schmelzpunktes von Asphalten und Wachsarten (vgl. S. 210).

Zu S. 337. Bestimmung des Asphalts in Erdölen. Zur quantitativen Bestimmung des Asphaltpechs in dunklen Zylinderölen empfiehlt Holde[3]) neuerdings folgendes Verfahren. Etwa 5 g des Öls werden bei + 15° C im 25fachen Volumen Äther gelöst und in dieser Lösung mit dem $12^1/_2$fachen Volumen 96gewichtsprozentigen Alkohols unter langsamem Eintropfen und ständigem Schütteln versetzt. Nach fünfstündigem Stehen bei 15° C wird filtriert, mit Alkoholäther (1 : 2) so lange ausgewaschen, bis keine öligen Stoffe, sondern höchstens Spuren pechartiger Bestandteile im Filtrat nachgewiesen werden können. Das ausgewaschene Asphaltpech wird darauf in Benzol gelöst, die Lösung eingedampft, $^1/_4$ Stunde lang bei 105° C getrocknet und nach dem Erkalten gewogen.

Zu S. 382. Prüfung von Guß- und Stampfasphalt. Eine einfache Methode zur Untersuchung dieser Materialien auf Verfälschungen besteht nach W. H. Delano[4]) darin, daß man Stücke davon auf einer eisernen Platte erhitzt. Der Asphalt sollte dabei zu Stücken zerfallen.

---

[1]) D. R.-P. Nr. 116092 u. 142166 vom 24. Juni 1899. — [2]) D. R.-P. Nr. 111088 vom 1. März 1899. — [3]) Mitt. der Kgl. Techn. Versuchsanstalt in Berlin 20, 253. — [4]) Proc. Inst. Civ. Eng. 152 [2], 3—13, 1902—1903; Journ. Soc. Chem. Ind. 1903, p. 1047.

Alphabetisches Autorenregister.

A.

B.

C.

D.

E.

F.

G.

H.

I.

J (j).

K.

L.

M.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

U.

V.

W.

Alphabetisches Sachregister.

A.

H.

I.

J (j).

K.

R.

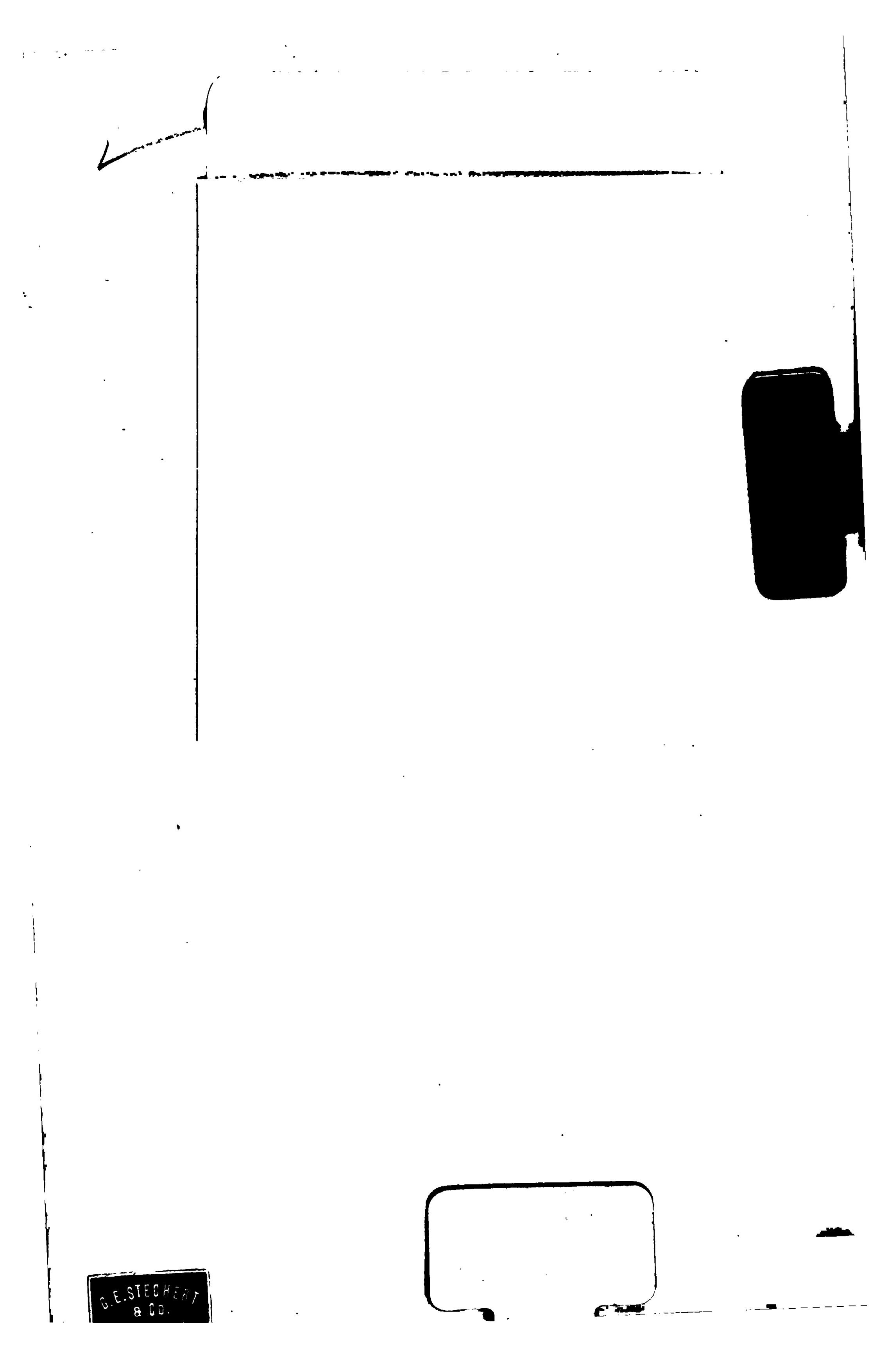
S.

T.

U.

Berichtigungen.

Seite	19,	Zeile	10	von	oben	lies	Clegg statt Glegg.
"	19,	"	10	"	unten	"	1791 statt 1891.
"	40,	"	16	"	"	"	söhligen statt höhligen.
"	47,	"	10	"	"	"	Beitrag statt Betrag.
"	76,	"	9	"	"	"	erscheint statt scheint.
"	77,	"	8	"	"	"	diesem statt diesen.
"	81,	"	2	"	oben	"	Ebelmen statt Ebelmann.
"	101,	"	4	"	unten	"	dieselbe statt derselbe.
"	113,	"	3	"	"	"	macht statt machen.
"	117,	"	12	"	"	"	das statt daß.
"	157,	"	7	"	"	"	Decke statt Platte.
"	166,	"	17	"	"	"	er statt es.
"	169,	"	9	"	"	"	Lobsann statt Lohsann.
"	191,	"	3	"	"	"	vorstehende statt nachstehende.
"	198,	"	13	"	oben	"	desselben statt derselben.
"	223,	"	17	"	unten	zu	streichen noch.
"	226,	"	17	"	oben	lies	derselbe statt dasselbe.
"	262,	"	2	"	"	"	doch statt noch.
"	276,	"	7	"	"	"	Fig. 107 statt Fig. 101.
"	310,	"	9	"	"	"	Fig. 130 statt Fig. 122.
"	312,	"	3	"	"	"	dritte statt vierte.
"	313,	"	9	"	unten	"	noch statt und.
"	358,	"	8	"	"	"	welches statt welche.
"	369,	"	20	"	"	"	Destillation statt Distillation.
"	375,	"	11	"	oben	"	und statt oder.
"	378,	"	13	"	"	"	Füllung statt Fällung.
"	386,	"	1	"	"	"	künstliche statt künstlicher.


G.E. STECHERT
& Co.